

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-327993

(43)Date of publication of application : 30.11.1999

(51)Int.Cl. G06F 12/00

G06F 17/30

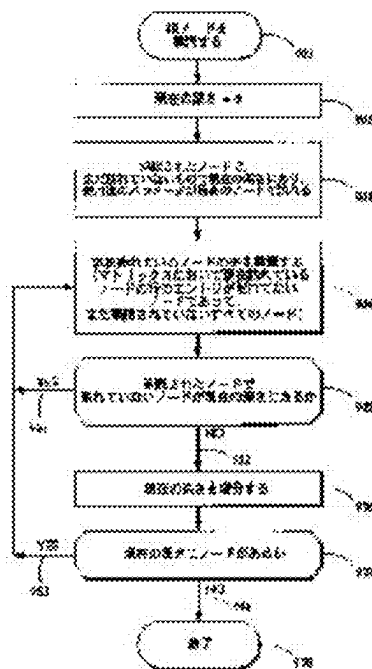
(21)Application number : 11-110940 (71)Applicant : XEROX CORP

(22)Date of filing : 19.04.1999 (72)Inventor : CHI ED H
PIROLI PETER L T
PITKOW JAMES E
GOSSWELLER RICH
MACKINLAY JOCK D
CARD STUART K

(30)Priority

Priority number : 98 62341 Priority date : 17.04.1998 Priority country : US

(54) PATROL AND DISPLAY METHOD, DEVICE AND MEDIUM OF USING DEGREE
BASE OF GENERALIZED GRAPH STRUCTURE



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for generating and displaying the tree structure expression of a generalized graph structure.

SOLUTION: A using degree parameter is referred to so as to generate a tree structure from the generalized graph structure. As the examples of the using degree parameter, there are a frequency, newness, the interval of access and route information, etc. In the width preferential or depth preferential patrol of a graph, the using degree parameters relating to respective nodes or links are referred to. The using degree parameters relating to the

respective nodes are referred to so as to decide the order of visiting them. The visiting order is decided by visiting the node or link of a highest using degree first (S903). In a tree structure display method, the using degree parameter is referred to and the arrangement of the nodes in the layout of the tree structure is decided.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.04.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against

examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The approach characterized by being the approach of generating the tree structure from the generalized graph structure, and including the step which approves all the children by whom the node by which the (a) (b) aforementioned acknowledgement was carried out with the step which visits the node recognized as a parameter is the highest whenever [within said generalized graph structure / use] is not recognized yet.

[Claim 2] The approach which it is an approach according to claim 1, and is the node by which it was recognized within the graph structure by which the (c) aforementioned generalization of said step (a) was carried out, and it is in the current depth from a root node, and a parameter is the highest whenever [use], and is characterized by including the step which visits the node which is not visited yet.

[Claim 3] The approach which is the approach of displaying the tree structure and is characterized by including the step which ranks said twin node about each group of the twin node of (a) tree structure according to a parameter whenever [relevant to each node / use], and the step which arranges each group of a twin node according to the rank of the (b) aforementioned twin node.

[Claim 4] The approach characterized by including the step which arranges said tree structure so that it may be an approach according to claim 3, said step (b) may be arranged in the center of the layout of (c) root node of said tree structure and it may be arranged outward radial at the layout include angle whose each of the child node of said tree structure is the function of the rank.

[Claim 5] The approach characterized by being an approach according to claim 3 and a parameter being the use scale of the node concerned whenever [use / of each node].

[Claim 6] The approach characterized by being an approach according to claim 3 and a parameter being the use scale of the link from the parent node in the node concerned whenever [use / of each node].

[Claim 7] Are the storage which can be computer read and it realizes on [which can be said computer read] a storage. The program code which programs a computer to perform the approach of generating the tree structure from the generalized graph structure and which can be computer read is included. The step which visits the node by which said approach was recognized as a parameter is the highest whenever [within the graph structure by which the (a) aforementioned generalization was carried out / use], (b) Storage which is characterized by including the step which approves all the children by whom said recognized node is not recognized yet and which can be computer read.

[Claim 8] The storage which it is the storage containing the program code according to claim 7 which can be computer read which can be computer read, and is the node by which it was recognized within the graph structure by which the (c) aforementioned generalization of said step (a) was carried out, and it is in the current depth from a root node, and a parameter is the highest whenever [use], and is characterized by including the step which visits the node which is not visited yet and which can be computer read.

[Claim 9] The program code which is the storage which can be computer read and programs a computer to perform the approach for displaying the tree structure and which can be computer read is included. The step as which said approach ranks said twin node about each group of the twin node of (a) tree structure according to a parameter whenever [relevant to each node / use], (b) Storage which is characterized by including the step which arranges each group of a twin node according to the rank of said twin node and which can be computer read.

[Claim 10] The storage which is characterized by including the step which arranges said tree structure so that it may be the storage containing the program code according to claim 9 which can be computer read which can be computer read, said step (b) may be arranged in the center of the layout of (c) root node of said tree structure and it may be arranged outward radial at the layout include angle whose each of the child node of said tree structure is the function of the rank and which can be computer read.

[Claim 11] The storage which is characterized by being the storage containing the

program code according to claim 9 which can be computer read which can be computer read, and a parameter being the use scale of the node concerned whenever [use / of each node] and which can be computer read.

[Claim 12] The storage which is characterized by being the storage containing the program code according to claim 9 which can be computer read which can be computer read, and a parameter being the use scale of the link from the parent node in the node concerned whenever [use / of each node] and which can be computer read.

[Claim 13] It is equipment for generating the tree structure from the generalized graph structure. A processor, It is combined with said processor and has the storage equipped with the program code for programming said equipment to perform the approach for generating the tree structure from said generalized graph structure which can be processor read which can be processor read. Said approach (a) Equipment characterized by including the step which visits the node recognized as a parameter is the highest whenever [within said generalized graph structure / use], and the step which approves all the children by whom the node by which the (b) aforementioned acknowledgement was carried out is not recognized yet.

[Claim 14] The display which is equipment for displaying the tree structure and is combined with a processor and said processor, The storage equipped with the program code which programs said equipment to perform the approach for being combined with said processor and displaying said tree structure and which can be processor read which can be processor read, The step as which a preparation and said approach rank said twin node about each group of the twin node of the (a) aforementioned tree structure according to a parameter whenever [relevant to each node / use], (b) Equipment characterized by including the step which arranges each group of said twin node according to the rank of said twin node.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to generation and its display of the tree structure expression for displaying the graph structure generalized especially about the field of a display of the generalized graph structure. This invention solves the problem of the layout of a big directed graph like the site of World Wide Web, and expresses important relation.

[0002]

[Description of the Prior Art] World Wide Web (web) is the probably most important thing among the information access mechanisms brought to general society in the 20th century. Possibility when preparing for an employee and a business partner searching behind and offering and composing a lot of data will also be realized as the organizations which depend on the Internet as what provides with information people who may become a customer and an investor increase in number. The website of a company is becoming the investment outlet of the rapid most important business.

[0003] Generally, many websites are used as an information repository. With the website use pattern observed and obtained, how the employee of the company is using the website can understand the activity of the company better. For example, it is also considered that it becomes the one approach of predicting sale to observe of what kind of product the operating section has downloaded the advertisement. That is, the conventional market research is applicable also to this information resource.

[0004] Analyst has how the web page is not only used but it in what kind of context, or also shows interest to the link structure and contents of the web page. Since the link structure, the contents of the page, and change of topology which is seen whenever [use] take place frequently, a website is dynamic structure. Analyst is wishing he wants to analyze the developing website.

[0005] Since the hope of the analyst who wants to build the topology of a website efficiently is increasing while getting to know and understanding the relation of the contents of a user's access pattern or the web page, the useful visualization tool group is needed in the analysis process of a website.

[0006] It is not easy to display the complicated generalization graph structure greatly. As conventional approach which is going to generate the tree structure expression of the generalized graph structure, there are depth-first (vertical mold) retrieval and width-of-face priority (horizontal type) retrieval, and these tend to solve this problem by forming a hierarchy based on the topology of the generalized graph structure.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The manager and designer of a website need to get to know the relation between a parameter and its link topology whenever [use / of a website]. In order for a website to change dynamically with time amount, change of topology needs to know what kind of effect it will have on the use. Although there are some conventional website methods of presentation which encode use information in the case of visualization, there is nothing that refers to use information, in case the structure which should be displayed from the generalized graph structure is generated to the conventional approach. Furthermore, what changes arrangement of the node in the structure displayed based on use of a node does not exist in the conventional system.

[0008]

[Means for Solving the Problem] The Prior art for understanding the generalized complicated graph structure is displaying the link which constitutes the generalized graph structure, and the expression of a node. One of the views of World Wide Web is seeing as the generalized graph structure as which a web page's expresses a node and a hyperlink's expresses the link between nodes. Since the graph structure generalized so that an a large number thing might also show the link between nodes is complicated, there are some links of the generalized graph structure which are not usually expressed, and the person or user who sees enables it to process the expression effectively cognitively. A one division target of this invention is ensuring the approach of generating this including a more important link, in order to display this expression. Another purpose of this invention is ensuring the approach of displaying this expression positioning a node or a link according to the significance. Thereby, the person or user who sees can understand a node or the significance of a link based on the location in the displayed expression. According to this invention, the expression of the generalized graph structure which is used for a display is the tree structure.

[0009] According to one aspect of affairs of this invention, a parameter is referred to whenever [use] generating the tree structure from the generalized graph structure. This aspect of affairs is applicable to the various approaches of generating the tree structure while it is [whenever / use / of various types] applicable to a parameter.

For example, frequency, newness, spacing of access, and path information are kinds of a parameter whenever [use / which may be referred to by this invention respectively].

[0010] An example which generates the tree structure from the graph structure generalized with reference to the parameter whenever [use] is the width-of-face priority going method of a graph for referring to a parameter whenever [relevant to each node or a link / use]. Whenever [relevant to each node / use], a parameter is referred to in order to determine the sequence visited by the graph going method. The sequence to visit is determined by visiting a node with whenever [use / highest] first. That is, a child node is visited by the high order of a parameter whenever [use]. That is, priority is given to a popular web page over a popular lower thing. Although a child node has a hyperlink to it, it is recognized by not a popular lower twin node but the more popular web page (claim). Or the sequence visited by visiting the node which has the high link of whenever [use] most is determined. As another example which generates the tree structure from the generalized graph structure, referring to a parameter whenever [use] by the depth-first round of a graph is mentioned.

[0011] According to another aspect of affairs of this invention, in the tree structure method of presentation, it opts for arrangement of the node in the layout of the tree structure with reference to a parameter whenever [use]. With the suitable operation gestalt of this aspect of affairs, a root node is arranged in the center of a layout.

[0012] With an example of the suitable operation gestalt of this aspect of affairs, a twin node spreads on the link extended from those parents to radial. Therefore, the layout of the tree of the cone form crushed by this example is included. In the example of the tree of this crushed cone form, it is arranged in the place where the highest twin nodes of whenever [use] separated from each other most, and it dissociates the optimal so that that largest space to expand can be taken. Next, the lowest node of operating frequency is arranged in the remaining space between the high nodes which are whenever [use]. By this approach, a node continues being arranged in the place which is most distant from each other based on the value of whenever [use] around those parents.

[0013] In another example of the suitable operation gestalt of this aspect of affairs, a twin node is arranged from a root node at the same radius. Therefore, this example includes the layout of a circular tree. In the example of this circular tree, the same include-angle tooth space as each leaf node of that hierarchy may be assigned. The layout include angle of each node may be the function of the rank of a parameter whenever [use / of the node to the twin node]. Therefore, a twin node is arranged in

the sequence to which the parameter only related a layout include angle and whenever [use], arrangement of the highest nodes of whenever [use] will be carried out mutually soon, and arrangement of the lowest nodes of whenever [use] will be carried out mutually soon.

[0014] Furthermore, it is also possible to use a parameter instead of the above according to this invention at [use / which was drawn] every function at [possibility / of needs /, clustering / of a common citation /, node, and link use] both [every] etc.

[0015] It will reach and other descriptions and advantages will become clearer than these drawings of this invention fully explained with the gestalt of implementation of invention.

[0016]

[Embodiment of the Invention] A drawing is explained more to a detail here. In a drawing, although the same referring to space number shows the same element, since this invention is explained clearly, a reference number which is different into the same part may be given to a different drawing.

[0017] World Wide Web is a complicated and big directed graph. Visualization of a general directed graph is a difficult well-known problem. In fact, no present graph layout algorithms can fully treat the graph of 7000 nodes. However, the link structure of a website is in a hierarchical inclination as a sub-domain of a directed graph. That is, although a website is not a tree, the thing near a website can be expressed with a tree expression in many cases.

[0018] In analyzing the link structure of a web, analyst has many interests in finding smallest number from a certain document to another document of hop. A width-of-face priority round is carrying out arrangement of the node as much as possible soon at a root node, and transforms a web graph into a tree. After obtaining this tree, structure is visualized with a circular tree visualization technique. A circular tree uses a circular layout for visualizing a hierarchy. Each continuous circle expresses the level in a tree. A layout algorithm is performed with two pass. With the 1st pass, an algorithm patrols the whole hierarchy by backward order round. In each node, since the number of the leaf nodes of the subtree is calculated by the algorithm, the number of the leaves is known. Next, by the algorithm, the include-angle amount of space which should be assigned to each leaf node is calculated (what divided 360 degrees by the total of a leaf). With the 2nd pass, an algorithm patrols a hierarchy by width-of-face priority round. In each node, an include-angle amount of space is assigned to the node by seeing how many leaf nodes whether have rooted in the

subtree. Thus, the include-angle tooth space of a constant rate is guaranteed to each leaf node.

[0019] If it can choose mentally and strategically in case data are mapped in a vision expression, those who see can understand the visualized thing still better. There are some advantages in a circular tree. First, wooden structure is visualized by the compact and the pattern is known simply. Since the whole layout is on a two-dimensional flat surface even if it attaches and sees an include angle straightly or slightly to the 2nd, there is no problem of occlusion. Unlike the tree of a cone form, since it is a two-dimensional technique, the 3rd dimension can be used for the 3rd at other information, such as time amount, or the three-dimension glyph of each node. Furthermore, since it is circular, it is esthetic on vision.

[0020] Selection of a suitable width-of-face priority deformation algorithm can actually be checked by the visualization itself. Usually, the field with much traffic is concentrated near a root node. That is, the node which is easy to reach is arranged with a root node as the starting point by the algorithm. Possibility of being accessed becomes small, so that a document becomes far from a root node.

[0021] Drawing 1 shows the architecture 100 of a suitable general purpose computer to realize the approach by this invention. A general purpose computer 100 is equipped with a microprocessor 102, the display monitor 104, and a cursor controller 105 at least. A cursor controller 105 may be realized as a mouse, a joy stick, a series of carbon buttons, or a certain input unit of the others which enable a user to control the cursor on the display monitor 104, or the location of a pointer. A general purpose computer 100 may be equipped with random access memory 107, a hard disk 103, the ROM memory 108, a keyboard 106, a modem 110, and a graphics coprocessor 109 again. All the elements of a general purpose computer 100 are connected with a common bus 101, and you may make it exchange data among various elements. Generally, a bus 101 includes data, the address, and a control signal. Although the general purpose computer 100 shown in drawing 1 includes the single data bus 101 which connects all those elements, the requirements that the single communication bus 101 which connects the various elements of a general purpose computer 100 is indispensable do not have it. For example, a microprocessor 102, RAM107 and ROM108, and a graphics coprocessor 109 may be connected with a data bus, and, on the other hand, a hard disk 103, a modem 110, a keyboard 106, the display monitor 104, and a cursor controller 105 may be connected with the 2nd data bus (not shown). In this case, the 1st data bus 101 and 2nd data bus (not shown) may be connected with a bidirectional bus interface (not shown). Or graphic co-processor 109 grade is

connected to some 102 of the elements, for example, a microprocessor, in both the 1st data bus 101 and the 2nd data bus (not shown), and it may be made to perform the communication link between the 1st data bus and the 2nd data bus (not shown) through a microprocessor 102 and a graphics coprocessor 109. Thus, although the approach of this invention can be performed in any general-purpose computer architectures as shown in drawing 1 by 100, it is clear architecture's which can perform the approach of this invention not to necessarily be limited only to this architecture.

[0022] Drawing 2 shows the generalized graph structure 200 which consists of a node 201-215 of 15. The various nodes 201-215 of the generalized graph structure 200 are mutually connected by the link as shown by 216-225. The link which connects various nodes may also be both directions or an one way. A link shows that let this specification and its drawing pass, a bidirectional link is expressed with any edge as a link without an arrow head, the link of an one way is expressed as a link which has an arrow head in one side or the other-end section, and the arrow head tends to point out. For example, moving to nodes 202-203 can also move the link 217 of drawing 2 to nodes 203-202. It is clear from a certain node that a partly different root exists in moving to another node. Since much links exist in the generalized big graph structure, indicating the whole of the link has many impractical things. Therefore, when showing a user the vision expression of the generalized graph structure, only the subset of all the links that exist in the generalized graph structure is displayed. The subset of the link chosen so that it may display must show the path from all nodes to all the other nodes of the generalized graph structure. Many tree structures are used for attaining this purpose.

[0023] Drawing 3 shows the tree structure expression 300 of the generalized graph structure 200 which is shown in drawing 2 . The link 216-225 is not shown in the tree structure 300 corresponding to the generalized graph structure 200. Thus, the link 216-225 is omitted because it forms a cycle in the graph structure 200 by which these were generalized. There is no cycle in the tree structure, that is, there is only one path from a certain node to another node. Since all cycles are severed in the tree structure expression 300, there is only one path from a certain node to another node.

[0024] Drawing 4 shows another tree structure expression 400 of the tree structure expression 300 shown in drawing 3 . Let a node 201 be a root node in the tree structure 400. The depth of the root node 201 is zero. The children of the root node 201 are nodes 202, 203, and 204, and these depth is 1. There is a child in a node 202 and there are three children (nodes 206, 207, and 208) in one (node 205) and a node

204. The depth of a node 205–208 is 2. It is determined by the number of the links which must patrol it by the time the depth of every node results in a root node. Since there is no child in nodes 209, 210, 203, 214, 215, 207, 212, and 213, these are leaf nodes.

[0025] Drawing 5 shows the circular tree expression 500 of the tree structure 400 shown in drawing 4 . The central point 501 of the circular tree expression 500 corresponds to the root node 201 of the tree structure 400. Respectively, the point 501–515 expresses one of nodes 201–215, and, specifically, can calculate the reference number corresponding to the point in the circular tree 500 about each node of the tree structure 400 by adding 300 to the reference number relevant to each node of the tree structure 400. That is, the node 201 of drawing 4 is shown as a node 501 of the circular tree 500, a point 502 and a node 203 are expressed with a point 503, and a node 215 is expressed with a point 515 for a node 202. A circle 550 includes all the points showing the node whose depth from the root node expressed with a point 501 is 1. A circle 560 includes all the points showing the node whose depth is 2. A circle 570 includes all the points as which, as for a circle 580, the depth expresses the node which is 4 including all the points showing the node whose depth is 3 (since the point of drawing 5 is showing and expressing the node of drawing 4 , it may point out hereafter the point of expressing the node on a display, and may call it a node). It opts for include–angle–arrangement of each point showing the node of the circular tree 500 as follows. It asks for the total of a leaf node and 360 degrees which is an include angle of a circle are divided by the total of the leaf node. Since there are eight leaf nodes expressed with points 512, 513, 509, 510, 503, 514, 515, and 507 in the case of the circular tree 500, each leaf node has the include–angle tooth space of its dedication 45 degrees in the circular tree 500. Include–angle arrangement of a parent node is made into the include angle which divides into two equally the include angle which the leaf node and root node of the outermost part form. For example, the point 504 of expressing a node 204 has the outermost leaves 214 and 213, and these correspond to points 514 and 513 in the circular tree 500, respectively. The include angle formed of the point 514 of the outermost leaf, the point 513 of the outermost leaf, and the root node 501 is 180 degrees. Therefore, the include angle of a parent node 504 is an include angle which divides the 180 degrees into two equally. Similarly, a parent node 511 has a child's points 515 and 514. A child's points 515 and 514 accomplish the include angle of 45 degrees with the root node 501, therefore parents' point 511 is arranged at the include angle which divides the 45 degrees into two equally.

[0026] According to this invention, the layout of the graph structure is performed based on use information. By the approach by this invention, the further information is encoded to the conventional layout approach mainly being based on topology or the contents by what priority is given to whenever [use] for (it ranks). These approaches give the function of whenever [interest] to visualization of a graph, and, thereby, make the burden about cognition the minimum. Although the range of this invention reaches the range far larger than the application to a web, the approach by this invention is illustrated by the web.

[0027] This invention copes with the problem which arranges a big directed graph which is looked at by World Wide Web, and it is made for relation with relation to appear. According to this invention, a general graph is used as a tree by round of the base whenever [use]. The order of a round, the order of a layout, or its both sides is chosen based on data whenever [use / of simple frequency or the frequency of a common citation]. If the approach of this invention is used, the view of the intranet of a company can be composed dynamically.

[0028] According to this invention, the further information is encoded by visualization of a graph by arranging a graph based on the information on the base whenever [use]. For example, in informational retrieval, a hypertext document is accessed by various frequency (there are some which are [/ else] more popular). According to this invention, whenever [of an item / popular] serves as an aid which determines the priority which the item receives in the layout of a graph. By uniting encoding data and it with the structure layout of a graph whenever [use], the change in whenever [use], and topology can be seen to coincidence.

[0029] Although the range of invention proposed here is not necessarily restricted to the document on World Wide Web, the web which the manager of a website looks at is used for explaining the base of the concept of this invention as an example. The manager of the web to which this invention maintains is enabled to understand the relation of the use pattern and topology of a website.

[0030] Showing what visualized or expressed the link and the node as a Prior art for understanding complicated link structure is mentioned. It can see as a graph with which a document expresses a node and a hyperlink expresses the link between documents as one of the views of a web. Since it is numerous and a link's is complicated, informational [some of] excludes or makes an extract, and they usually realize vision processing which can be recognized effectively. In order to ensure showing more important information with a layout algorithm, these algorithms use the function of whenever [interest] in many cases.

[0031] There is nothing that changes the layout of an item based on the description of whenever [use] in the conventional system. Those who maintain a website, and the designer of the contents need to understand the relation of the use pattern and link topology of the site. The website is dynamic, and in order to change with time amount, those who maintain need to understand in many cases what kind of effect change to topology has on use. By using the information from a use pattern, a layout algorithm can present the topology of a site and whenever [path / of a user / and use] can show clearly how (following on access to the structure by for example more many users, change of the needs, and development of the topology in the bottom) it changes with time amount.

[0032] The approach by this invention uses use information for determining a layout about various layout algorithms. What is going to make space of a screen the maximum, and the thing which functions as it expressing the delicate relation between elements are also in these algorithms. All of frequency, newness, spacing of access, and path information are the gestalten of the use information which may be referred to by the approach of this invention. Furthermore, although drawn use information, such as crust-izing of a common citation and the possibility of needs, can also be used, this invention is not necessarily restricted to these gestalten.

[0033] It starts with the node called a root node as one of the layout approaches of the topology by this invention, and there are some which extend a link to radial focusing on the node. As long as there is space of a screen, this is repeated by the auxiliary node. In order to arrange a node the optimal, with a layout algorithm, to arrange the nodes most often used to the place most distant from each other, and to make it the development tooth space become max may be desired. The node with whenever [use / lowest] is arranged to the remaining tooth space between the high nodes of whenever [use]. Arrangement of the node to the place which is [whenever / use] most distant from each other considering a hub as a core with a layout based on a value is continued. The highest node of whenever [use] is separated from each other the optimal, and gives sufficient screen space to arrange the related child node. This is performed at the sacrifice of a node with whenever [use / lower].

[0034] By the another layout approach by this invention, a node is set in order by whenever [use], they are arranged the lower one from the higher one (to or the higher one from the lower one), and whenever [popular] (or it is unpopular) is shown.

[0035] By the width-of-face priority round of the improved graph by this invention, whenever [in the structure / use] is encoded as an example of the layout of the base whenever [use]. the layout of the conventional width-of-face priority round base --

the child node of a root node -- arranging -- the degree -- the -- a child node is arranged again. Conventionally, the sequence of visiting a child node in the case of a round was not specified. However, according to this invention, the further information is encoded with a graph layout by choosing the sequence visited only based on a certain parameter. For example, the sequence visited by sorting a node based on the amount used is determined (priority is given to a popular page over an unpopular web page).

[0036] Another layout algorithm improvable so that this invention may refer a parameter whenever [use] is a depth-first round to which a node with a common ancestor is shown. In this case, a vertical slice is shown regardless of the thing in that near. It must decide whether choose which child with an algorithm and to search each step. A child with whenever [use / highest] is first visited like the best width-of-face priority round by this invention.

[0037] According to this invention, the combination of the layout of other many is possible. For example, a graph is not followed from a certain node in order of the topology of width-of-face priority or a depth first, but all the nodes of level are displayed as a root node whenever [a certain use]. If it says about a web, the group (page used for going into a site) of an entry point and the path which a user follows from those pages can be visualized using this technique. The tooth space between them is assigned based on whenever [link / between root nodes / , and use].

[0038] If it is not only shown clearly how document structure is accessed, but is collected over a certain time amount with a use pattern between a certain concentrated time amount, flow in topology will also be clarified. This gives still more nearly another dimension to an expression. Those who maintain can grasp further how use changes with time amount (change or the external events which are probably ** and a user), or how change of structure influences a use pattern. Those who maintain can make change it not only to understand which where [of the structure] many people are patrolling now, but correlate by comparing these time slices.

[0039] Drawing 6 has nine nodes 1-9, is the generalized graph structure containing many cycles, and shows the structure used for the tree structure generation method of the base being shown whenever [by this invention / various use]. In order to make it clear, the bidirectional link between nodes is expressed as a pair of an one-way link. For example, a node 1 has a link 612 to a node 2, and a node 2 has a link 621 to a node 1.

[0040] Drawing 7 shows the topology matrix 700 corresponding to the generalized graph structure 600. The line 1-9 of the topology matrix 700 corresponds to a node

1–9, and the train 1–9 also corresponds to a node 1–9. The entry of Line i and the topology matrix of Train j expresses the existence of a link to Node j from Node i. For example, a node 6 has a link 663 to a node 3, and a node 7 has a link 678 to a node 8. Therefore, it is expressed with 1 in Line i and Train j of the topology matrix 700 that there is a link from Node i to Node j. It is expressed with 0 in Line i and Train j of the topology matrix 700 that a link does not exist from the node i of the generalized graph structure 600 to Node j. Since a topology matrix, in addition to this, pinpoints the link to all nodes from each node of the generalized graph structure, generally it is a square. The entry on the diagonal line of a topology matrix is always zero. Although the topology matrix 700 is symmetrical focusing on the diagonal line since the link of the generalized graph structure 600 is bidirectional, that must not necessarily be right. [0041] Drawing 8 shows the parameter vector 800 used corresponding to the graph structure 600 by which drawing 6 was generalized. Whenever [use / of a node 1], a parameter is 75, as shown in the entry 801 of the parameter vector 800 whenever [use]. Similarly, a parameter is 29 and is looked at [whenever / use / about a node 8] by the entry 808 of the parameter vector 800 whenever [use]. Thus, the parameter vector 800 is [whenever / use] a list of parameters only whenever [relevant to each node of the generalized graph structure / use]. Generally, there is a parameter vector in the generalized graph structure which has the node of N individual whenever [use / of the entry of N individual relevant to it]. Thus, a parameter corresponds [whenever / use / of the parameter vector 800] to whenever [use / which was obtained by the corresponding node] whenever [use]. For example, supposing each of the node 1–9 of the generalized graph structure 600 expresses the web page of the website which consists of 9 pages, a parameter may be used for expressing the number of average accesses on the 1st of each web page of the website whenever [relevant to each node / use]. Or various users who accessed the page may express with the user parameter relevant to each node the sum total of the time amount which was opening the page. A parameter may encode the sum total dwell time amount measured by all the users that accessed that page between a certain fixed time amount whenever [use / in this case]. The amount encoded with a parameter whenever [relevant to each node / use] can be calculated by various approaches, and measures whenever [use / of the type with which the each differs]. The approach by this invention is [whenever / use / what kind of / which can be taken into consideration and calculated about each node] applicable also to a parameter. Therefore, this invention is not restricted to the type of a parameter whenever [single use / of frequency or dwell time amount]. Possibility of a parameter

that a certain scale specified beforehand normalizes is [whenever / use] high. For example, a parameter is normalized by the scale of 0 to 100 whenever [use / which is shown in drawing 8]. A parameter may be normalized by 0–1, or –1024 to +1024 grade whenever [use].

[0042] Drawing 9 shows the width-of-face priority approach 900 of the base whenever [for generating the tree structure from the generalized graph structure by this invention / use]. By this approach 900, a root node is first recognized at step 901. In order to generate the tree structure with a width-of-face priority algorithm, a root node is specified and it must enable it to calculate the depth of the node to the root node. In step 901, a root node can be recognized according to various devices. For example, the node may be chosen because a user places cursor on a specific node with the generalized graph structure which is displayed on the monitor of a computer and pushes the carbon button of a mouse 105 using a cursor controller. Or a root node may be recognized by expressing with the node name tacitly. For example, on a website, the homepage of a web may have URL (universal resource locator) which has the semantic structure it indicates what will be been a root node to be. for example, www.xerox.com ** — syntax is analyzed by the program which enforces the approach according the home web page of Xerox Corp. in URL to say to this invention, and you may make it a program recognize that it is the root node of the website where this web page has applied the program by that node name Anyway, if a root node is specified at step 901, in step 902, the current depth will be set as zero. At step 902, the depth of a root node is only specified that it is definition top zero. This definition is illustrated about the root node 201 whose depth is zero in the tree structure 400 of drawing 4 . In step 903, it is in the depth current by the node authorized by this approach, and is not visited yet, but the node whose parameter is the highest whenever [use / of relation] is visited. When it results for the first time during activation of an approach 900 at step 903, the only node recognized until now is not visited yet while it is a root node and this is the only node in the current depth. Therefore, a root node is visited when it results in step 903 for the first time in an approach 900.

[0043] In step 904, all the child nodes by which the node visited now is not recognized yet are recognized by this approach. The node recognized at step 904 can be easily specified by referring to a parameter vector whenever [topology matrix and use]. The entry of the line of the visited node is the node which is not zero in a topology matrix, and the child node which should be recognized at step 904 is not recognized yet.

[0044] In step 905, it is judged whether there is any node which is in the current depth

and has not been visited yet by the approach 900 and which is recognized. Since the only node in current depth zero is the root node itself when performing step 905 first in an approach 900, the answer of the test in this 905 is a no. Therefore, this approach progresses to step 906 by branching 952, and the increment of the current depth is carried out. When beginning by the approach 900 and performing step 906, the current depth is set as 1.

[0045] At step 907, it is judged by the approach 900 whether a node exists in the current (the increment was just carried out) depth. That is, all the nodes of the generalized graph structure are recognized by the test 907, and judge whether it is visited or not by it. If there is no node in the current depth, it recognizes, and all nodes will be visited and will be completed at step 908 by branching 954. However, if a node is in the current depth by which the increment was carried out newly, it will return to step 904 by branching 953. In step 903, it is in the current depth and the acknowledgement node whose parameter is the highest whenever [use] is visited. That is, about all the nodes recognized by being in the current depth, a parameter is referred to [whenever / use] whenever [use] from a parameter vector, and the node whose parameter is the highest whenever [use] and which is recognized is chosen as what is visited first.

[0046] Steps 903, 904, and 905 are repeated by order with a high parameter whenever [relevant to the acknowledgement node which is in the current depth about each acknowledgement node / use]. All nodes are recognized, an approach 900 is continued until it is visited, and it ends at step 908.

[0047] Drawing 10 shows the tree structure generated from the generalized graph structure 600 which is shown in drawing 6 by the width-of-face priority approach 900 shown in drawing 9 with reference to the parameter vector 800 whenever [use / which is shown in drawing 8]. In the tree structure 1000 of drawing 10, the user specified the node 1 as a root node, and has recognized nodes 2 and 4 as a child of a root node. After the increment of the depth is carried out to 1, since it was larger than the parameter, the node 2 is visited ahead of the node 4 whenever [corresponding to the node 4 which has / whenever / use / of a node 2 / the direction of a parameter (see the entry 802 of a parameter vector whenever / use /) in the entry 804 of the parameter vector 800 whenever / use / use]. That is, whenever [use / of a node 2], a parameter is 51, and since it is larger than 51, the parameter has chosen [whenever / use / of 84, one side, and a node 4] 84 so that a node 2 may be visited first. When a node 2 is visited, nodes 3 and 5 are recognized as a child of a node 2. When the depth is 1 and a node 4 is visited, the node 7 is recognized as the child. After visiting

all the nodes of the depth 1, in the approach 900, the increment of the depth was carried out to 2, and since it is larger than a parameter 44, the direction of 86 (see the entry 805 of the parameter vector 800 whenever [use]) which is a parameter whenever [use / of a node 5] has chosen [whenever / use / of a parameter 6 and a node 7] whenever [use / of a node 3] so that a node 5 may be visited ahead of nodes 3 and 7. When a node 5 is visited, nodes 6 and 8 are recognized as a child of a node 5 by the approach 900. Next, although a node 7 is visited, the child who recognizes to a node 7 does not exist. Similarly, a child is not approved although a node 3 is visited in the depth 2. Therefore, the increment of the depth is carried out to 3, the node 6 whose parameter is 96 whenever [use] is visited, and the node 9 is recognized as a child of a node 6. Also when the node 8 of the depth 3 and the node 9 of the depth 4 are visited, they do not approve a child. Although the increment of the current depth is carried out to 5 after visiting a node 9, an approach 900 judges that a node does not exist in the depth of a step 907 smell lever, and an approach 900 ends it at step 908 by branching 954.

[0048] Drawing 11 shows the parameter matrix 1100 whenever [use]. The parameter matrix 1100 contains [whenever / use] a parameter whenever [about each link of the graph structure 600 where drawing 6 was generalized / use]. A parameter specifies the amount used measured about each link shown in the graph structure 600 by which drawing 6 was generalized whenever [use / which is looked at by the parameter matrix 1100 whenever / use]. For example, the amount of the link 652 used used as the path from a node 5 to a node 2 is 28. Generalization specifies [whenever / use / relevant to the link to Node j] a parameter with a parameter from Node i whenever [use / which is in Line i and Train j of the parameter matrix 1100 whenever / use]. As an example which applies an approach 900 to another use scale, in case the sequence visited at step 903 is determined, a parameter may be referred to [whenever / use / whenever / use / of the parameter vector 800 / whenever / use / not a parameter but] whenever [link use / of the parameter matrix 1100]. That is, a parameter may be referred to [whenever / use / which determines the order which visits the node of the same depth] as a parameter whenever [relevant to the link which points out the approved child / use]. If a parameter costs whenever [link use / which is shown in the parameter matrix 1100 whenever / use] for the model of whenever [use / of the hyperlink in the website which consists of 9 pages], this example is connected with whenever [use / of a hyperlink] rather than whenever [use / of each web pages of other].

[0049] Drawing 12 shows the tree structure 1200 generated from the graph structure

600 generalized using the parameter matrix 1100 whenever [use] by the approach 900 by this invention. In the tree structure 1200 of drawing 12 , a user chooses a node 2 as a root node, and recognizes nodes 1, 3, and 5 as a child of the root node 2, and the node 3 of the depth 1 is visited first. A parameter is 74 whenever [corresponding to the link 623 from a node 2 to a node 3 / use], and this is [whenever / use / of a link 621] because it is larger than a parameter whenever [parameter and use / of a link 625]. When a node 3 is visited, the node 6 is recognized as the child and the node 1 is visited in the depth 1. A node 1 recognizes a node 4 as the child, and then the node 5 of the depth 1 is visited. A node 5 recognizes a node 8 as the child, and the node 8 is first visited in the depth 2. A parameter is [whenever / use / relevant to a link 658 in this / whenever / use / of a link 636] because it is larger than a parameter whenever [parameter and use / of a link 614]. Thus, when a node 8 is visited, nodes 7 and 9 are recognized.

[0050] By the approach by this invention, a parameter may be used for determining the sequence to visit whenever [use / what kind of]. For example, although the width-of-face priority round algorithm of the node base and a link base was indicated, there are no requirements that the approach by this invention must use a parameter or this specific width-of-face priority algorithm whenever [these specific use]. For example, you may make it derive [whenever / use / relevant to each node / whenever / node (as / show / in the parameter vector 800 / whenever / use /) use / whenever / parameter, and (as / show / in the parameter matrix 1100 / whenever / use /) link use] a parameter for a parameter whenever [use] as a linear function with weight of a parameter. Furthermore, in quest of the product of a parameter, it may use [whenever / link and node use] as a parameter whenever [use], and the sequence of visiting a node at step 903 may be determined. Furthermore, as another example, the product of whenever [from a root node / link use / to a certain node] may be calculated, and although the sequence visited at step 903 is determined, you may use it as a parameter whenever [use / of the node]. Furthermore, it may not pass over the approach 900 shown in drawing 9 to an example of the width-of-face priority approach of the base whenever [use / which can be used according to this invention], but it may be replaced with this, and it may transform an approach 900 so that all the twin nodes of the node visited now may be visited ahead of the distant relative node or distant relative cousin node in the same depth.

[0051] Drawing 13 shows the depth-first approach of the base whenever [use / which generates the tree structure from the generalized graph structure by this invention]. After specifying a root node, a root node is visited at step 1301 and the

child of the root node is approved at step 1302. At step 1303, by this approach, it has not visited yet among the recognized child nodes, and that whose parameter is the highest whenever [use] is visited. At step 1304, it judges whether the child who has not recognized yet is in the node visited now by this approach. When there is a child node which is not recognized, these child nodes are recognized by branching 1350, and it is not visited yet among the child nodes recognized at step 1303, but what has a parameter whenever [use] is visited. That is, steps 1303, 1304, and 1305 are performed until it reaches the end of a series of child nodes. If a node without the child who is not approved yet is reached, an approach 1300 will progress to step 1306 by branching 1351, and it will call on the parents of a node who have visited here now again. At step 1307, it judges whether there are some which have not been visited yet among the children approved by the node visited now by the approach 1300. If there are some which have not been visited yet by the approved child, this approach will return to step 1303 by branching 1352. However, if there is no child who has not visited yet by the approved child, an approach 1300 will progress to step 1308 by branching 1353. At step 1308, an approach 1300 confirms whether the root node is visited again. If the root node is not again visited by the approach 1300, an approach 1300 calls on the parents of a node who have visited to step 1306 return and now again by branching 1354. If it is judged that the root node is again visited by the approach 1300 at step 1308, an approach 1300 will be ended at step 1309 by branching 1355.

[0052] That is, whenever [by this invention / use], as long as there are a series of linked nodes, the depth-first approach 1300 of the base visits this, until it reaches a leaf node. When an approach 1300 reaches a leaf node, it is made for an approach 1300 to have other children of the parents of return and its leaf node visited by step 1306 to the parents of a leaf node. Before essentially calling on the visited twin of a node, the whole descendant's subtree is recognized and visited.

[0053] Drawing 14 shows the tree structure 1400 generated from the tree structure 600 generalized whenever [use / of drawing 8] by the depth-first approach 1300 by this invention using the parameter vector 800. A node 1 is a root node of the tree structure 1400. Nodes 2 and 4 are recognized as a child of a node 1, and whenever [use / of a node 4], since it is higher than a parameter, a node 2 is visited [whenever / use / of a node 2] for the direction of a parameter ahead of a node 4. When a node 2 is visited, nodes 3 and 5 are recognized as the child. Next, whenever [use / of a node 3], since it is higher than a parameter, a node 5 is visited [whenever / use / of a node 5] for the direction of a parameter. When a node 5 is visited, nodes 6 and 8 are

recognized as the child. Next, whenever [use / of a node 8], since it is higher than a parameter, a node 6 is visited [whenever / use / of a node 6] for the direction of a parameter. When a node 6 is visited, a node 9 is recognized as the child and visited. It is judged that there is already nothing that has not been visited yet among the children it is judged by step 1304 that there is no child approved by the node 9, and it is directed that visit a node 6 again at step 1306, and by whom a node 6 is recognized by step 1307 when a node 9 is visited. Therefore, an approach progresses to step 1308 by branching 1353, and it is judged that a node 6 is not a root node. By branching 1354, as for an approach, the parents of return and a node 6 are visited again to step 1306. At this time in an approach 1300, the node 5 is visited again. It is judged that there is a thing 8 which is not visited yet by step 1307 by the child by whom the node 5 was recognized, i.e., a node. Therefore, as for an approach 1300, return and a node 8 are visited by branching 1352 to step 1303. When the node 8 is visited, a node 7 is recognized as the child. When the node 7 is visited, it is directed that it is judged that there is no child who can recognize a node 7 by step 1304, therefore a node 8 is again visited by step 1306. Through steps 1307 and 1308, again, an approach returns to a node 5 and an approach returns to a node 2 by another loop formation of return and steps 1307 and 1308 with step 1306. Next, after a node 3 is visited, a node 2 is visited again and the root node 1 is visited again after that. If visiting the root node 1 again by step 1306 is directed, it will be judged that there is a thing 4 which is not visited yet by step 1307 by the child by whom the root node 1 was recognized, i.e., a node. Therefore, as for an approach, return and a node 4 are visited by branching 1352 to step 1303. However, it is judged that there is no child who can recognize a node 4 by step 1304, therefore, as for an approach, return and a root node are again visited by branching 1351 to step 1306. At this time, it is judged that all the children by whom the root node was recognized were visited by step 1307, therefore an approach progresses to step 1308 by branching 1353, it is judged that the root node is again visited by the approach 1300, and an approach is ended very much to step 1309 by branching 1355.

[0054] As mentioned above about the width-of-face priority approach 900 of the base whenever [use], various deformation is [whenever / use / which is used for the decision of the sequence of visiting the child node in the depth-first approach 1300 by this invention] possible for a parameter. That is, in case the approach 1300 of drawing 13 is used, a parameter may be used [whenever / path use / which is expressed with the function of each link from a root node in a given node / whenever / node use] whenever [primary / of whenever / link and node use / or nonlinear function, and link use], or, whenever [use / of everything but versatility]. Furthermore, it is also

possible to carry out by this invention what transformed slightly the width-of-face priority approach 1300 of the base whenever [use].

[0055] Drawing 15 shows the mode which arranges the display of the tree structure to radial focusing on a parent node 1501. Nodes 1510, 1520, 1530, 1540, 1560, 1570, 1580, and 1590 are the children of a parent node 1501. For convenience, the reference number is attached so that it may relate to a parameter simply whenever [use / of a twin node]. For example, a node 1590 has [whenever / use] a parameter higher than a node 1580, and the low node which is whenever [use] most is a node 1510. In drawing 15, the highest nodes of whenever [use] are mutually detached more the optimal at the sacrifice of the low node of whenever [use]. Therefore, a node 1590 (node with whenever [use / highest]) separates from a node 1580 (node with whenever [use / second highest]) 180 degrees, and is arranged. The nodes 1590, 1580, 1570, and 1560 whenever [use / whose] are four [highest] are arranged so that four include angles of 90 degrees may be formed, and the lowest node of whenever [use] is arranged so that the include angle formed of the adjoining node whenever [total use / whose] is two [highest] may be equally divided into two.

[0056] At this time, in case a twin node is sorted with a parameter whenever [that use], it is useful to take that rank into consideration. The rank of a node 1590 is 1 and the rank of a node 1510 is 8. If the node of the high one half of whenever [of the twin nodes / use] is arranged, the low twin node of whenever [use / which is the remaining one half] may be arranged so that the lowest node of whenever [use] may bisect the include angle which two adjoining twin nodes with the lowest sum total of the rank form and it may be arranged. For example, the sum total rank of a node 1590 (rank 1) and a node 1570 (rank 3) is 4, and a rank is the smallest among the right angles in which this is formed of the high node of whenever [four use] (that is, whenever [use] is the highest). Therefore, the lowest node 1510 of whenever [use] is arranged so that nodes 1590 and 1570 may be carried out for 2 minutes. Next, the node 1520 which is a low node of whenever [use] counters the lowest node of whenever [use], and is arranged, and the remaining nodes of the nodes of the low one half of whenever [use] are also arranged so that the include angle similarly formed of the node which is a twin node of the high one half of whenever [use] may be carried out for 2 minutes. Although the base is displayed whenever [this use], various approaches can be considered by this invention. For example, these may be plotted so that the twin node of the high one half of whenever [allocation and use] may be separated from each other by each twin node the optimal based on whenever [use] based on the total of a twin node in the include-angle tooth space of a constant rate,

and the twin node of the low one half of whenever [use] may be arranged so that the include angle formed of the node of the high one half of whenever [use] as mentioned above may be bisected. In this case, it may be made to carry out the include-angle tooth space between the adjoining nodes already arranged whenever it has always arranged the highest nodes of whenever [use] from each other to the place of 180 degrees, and it arranged a new node, even when the number of twin nodes was not the exponentiation of 2 exactly for 2 minutes.

[0057] The option by this invention for displaying these on drawing 16 opting for arrangement of the twin node group centering on the parent node 1501 whenever [use] using a parameter is shown. By this approach, the include angle made into the include angle which arranges the highest node of whenever [use] is specified. The include angle of a circle and 360 degrees are divided by the total of a twin node. The highest node of whenever [use] is arranged at the specified include angle, and the remaining nodes adjoin and are arranged at the high node of whenever [use] at the degree. That is, whenever [use] is arranged at the include angle as which the highest node was specified, the 2nd high node of whenever [use] is arranged next to the node of the highest [whenever / use], and it arranges to the low node of whenever [use] most in condition that the 3rd high node of whenever [use] is arranged next to [the] a node with whenever [use / 2nd highest]. Therefore, include-angle-arrangement of each node is simply connected with the layout include angle to the parents.

[0058] Drawing 17 shows the generalized graph structure 1700 which consists of a node 1701–1723 of 23. By choosing a node 1701 as a root node and performing the width-of-face priority round of the generalized tree structure 1700, a link 1750–1762 is eliminated so that a cycle may be eliminated, and the tree structure is formed.

[0059] Drawing 18 shows how to display the tree structure using a rank whenever [by this invention / use]. At step 1801, each twin node is ranked about each twin group of the tree structure according to a parameter whenever [use]. At step 1802, the tree structure is arranged based on the rank of all the twin groups within the tree structure.

[0060] Drawing 19 displays the tree of the cone form where the tree structure acquired from the generalized graph structure 1700 which is shown in drawing 17 was crushed. The point of expressing the node of the generalized graph structure 1700 is shown by the reference number corresponding to the reference number of the node of drawing 17 . For example, a node 1723 is shown in respect of [1923] display 1900. Thus, the point of expressing the node referred to is acquired by adding 200 to the reference number of drawing 17 . In drawing 17 , a parameter has a relation contrary to

a reference number whenever [relevant to various nodes / use]. For example, whenever [use / of a node 1702] is the highest in the group of the twin node 1702–1705, and, as for a node 1705, whenever [use] is the lowest. That is, a reference number can be seen as a rank of a parameter whenever [about the twin / use]. In drawing 19 , the root node 1901 is arranged at the core and the child nodes 1902, 1903, 1904, and 1905 are arranged by the approach of separating the optimal mentioned above about drawing 15 . Similarly, the node 1906–1913 which are eight child nodes of a node 1902 is arranged by radial from the parent node 1902 which exists at the core in the mode mentioned above about drawing 15 . Similarly, the node 1919–1922 which is a child node of a node 1906 is also arranged so that the separation optimal in the mode mentioned above about drawing 15 may be taken. The node 1914–1917 which is a child node of a node 1903 is arranged so that the node 1914 whose rank is the highest and also whenever [use / whose] is the highest may separate from a core 1901 as much as possible, and the twin is also stationed as mentioned above. At a point 1918, a child node 1904 separates from a core 1901 as much as possible, and is arranged. The child (node 1923) of a point 1918 is stationed as distantly [node / 1904] as possible. Although it is desirable that whenever [in which twin group / use] is generally arranged at the include angle from the grandfather node also with the highest, furthest possible node, there are not necessarily requirements by this invention that that must be right. A twin node is connected with the adjoining twin node by the translucent line, and it may be made to clarify the twin relation further. The reference number is not attached although the translucent line of this option is shown in drawing 19 .

[0061] In drawing 19 , all twin nodes are arranged from the common parents at the distance of a fixed radius. In the example shown in drawing 19 , whenever the depth of this radius of a node increases in the tree structure, it decreases to $1/2$. However, the radius of the twin node from the parents must not necessarily be connected with the depth in this way. In the display 1900 shown in drawing 19 , the layout include angle of each child node is measured from the parents.

[0062] Drawing 20 shows the circular tree display of the tree structure generated from the graph structure 1700 by which drawing 17 was generalized. In drawing 20 , the node of the highest [whenever / use] is arranged at the perpendicular nearest include angle. For example, a node 2002 is a high node of whenever [use] at a degree [in / in the depth 1, whenever / use / is the highest node, and / in a node 2003 / the depth 1], and a node 2005 is a node with whenever [use / lowest] among the depth 1. Thus, it begins from a perpendicular, and by arranging after the periphery top of

each depth clockwise, a user can see the node of the depth in order of whenever [use], and will look at a node with whenever [use / highest] first. Whenever [use / of a node 2006] is the highest among the twin nodes 2006–2013, and whenever [use / of a node 2013] is the lowest. As explained with reference to drawing 5 , in the layout of drawing 20 , the include–angle tooth space of a constant rate is assigned to each leaf node. With the layout of drawing 20 , the layout include angle of each child node is measured from the core of the layout of the tree structure. Therefore, the layout include angle of each node is measured as an include angle formed of the radius extended from a core 2001 to the node, and the radius (it passes along the point 2019 of drawing 19) perpendicularly extended from a core 2001.

[0063] Although the display 1900 of the tree of the crushed cone form is using the layout technique of taking the optimal separation explained with reference to drawing 15 and the circular tree expression 2000 is arranged using the simple relation between a rank and a layout include angle, the requirements by this invention that this relation is indispensable are not necessarily between arrangement of twin and the type of a display algorithm. For example, in the tree expression of the crushed cone form, although illustration is not carried out, a twin node may be arranged so that it may be determined by the approach that simple relation is realized, between the layout include angles and twin nodes which were explained in relation to drawing 16 . The twin node arranging method for similarly taking the optimal separation explained about drawing 15 by circular tree display may be used.

[0064] The time tube by this invention is a kind of the visualization which enables specification of quick access and its interesting modification to the data which accomplish various deformation. A time tube exists in the workspace of a three dimension, and is formed by aligning a two–dimensional circular slice (for example, circular tree) at the expression of a cylindrical shape like a log in piles. each of a circular tree is the vision expression of the data in a deformation (for example, clustering — time) phase. By the visualization obtained as a result, when a user is another from a certain point in time, he can grasp how data were transformed. With the expression of this more advanced level, in a data set, an interesting field can be pinpointed and a user can dissociate while he performs various actuation (for example, rotation, a picking, brushing, etc.) and a navigation technique (for example, modification and the zoom of a view) and understands complicated deformation of a big data set. A time tube gives new visualization, a layout algorithm, and the framework that shows the example of interaction again.

[0065] The time tube by this invention copes with the problem how aging in use and

structure of the assembly of a big document is shown. The two-dimensional annular tree (or other layouts) in various times is calculated. A tree is arranged using all the existing nodes. A node and a link are colored and you may make it addition, deletion, and use shown. According to this invention, various deformation is possible. This invention can be used and the event of the Internet, such as change in use of the site of Xerox after filing 10-K of Xerox Corp., can also be interpreted.

[0066] A circular tree may be used and the 3rd dimension may be used for expressing time amount. In visualization of a time tube, many circular trees are arranged in accordance with a space shaft. By using a space shaft for expressing time amount, it promotes information-space-time amount being seen by single visualization and understanding it simply in the whole information-space-time amount space. Since the conventional display monitor 104 is a two-dimensional indicating equipment, it must project three-dimensional display structure on this two-dimensional display 104. Therefore, although the 3rd dimension is projected by the first two dimensions, this projection does not make the force of the three-dimensional structure an invalid. It could prove simply that the contents of the three dimension currently displayed although a movie is projected by the two-dimensional screen on many of these readers can be understood and appreciated easily.

[0067] The slice in the information-space-time amount of the time tube by this invention is not necessarily arranged in parallel mutually in fact. Each slice rotates and enables it to occupy the same screen area as other slices. In perspective, if each slice is mutually parallel, the space which occupies a central slice rather than the slice of a flank will become small. Furthermore, the front face of the slice in the left-hand side of the frustum currently seen and the rear face of the slice in the right-hand side will be seen. By carrying out the monitor of whenever [interest / at the time of looking] carefully, a certain slice can be emphasized by the system, or others can be weakened, and the effectiveness of the contents of focal + can be acquired. If it is made to rotate toward those who look at a circular tree, mapping of the variable of such a large number will become easy. As for distortion and the difficulty of reading of depth perception, by making a circular tree two-dimensional in the world of a three dimension, the flexibility of mapping of a certain thing becomes still larger.

[0068] A layout which is different to each of a circular tree is not given, but the layout together put to all trees is generated. Taking into consideration the whole sentence document which had existed in the whole time amount range of a time tube, by calculating the layout of a single circular tree, a slice template is generated and this is used in all the slices of a circular tree.

[0069] The modification of another interesting time tube is piling up a circular tree in a time tube, and flying the inside of a tube, or throwing a circular tree from a degree to a degree in order of time amount similarly, and forming the animation of change. That is, time amount is not mapped to space but time amount is only mapped by time amount. Since a circular tree may become large, this approach is more compact and is involved in the motion ability to detect of human being's consciousness system. Although capacity to perform the comparison in the time of differing is made into a sacrifice, detection of change and the interpretation of a series of change are raised.

[0070] The time tube by this invention consists of each two-dimensional visualization objects (slice) of a series of which aligned in the cylinder (cylindrical shape). In case it deforms into another condition from a certain condition, the deformation (for example, the addition of a new entity, modification of the value of the existing entity, distortion of physical size) performed to a series of data is visualized. A time tube may accomplish deformation of one or more from a certain condition to another condition. Deformation uses the die length of a cylindrical shape tube, and the two-dimensional expression or slice of data in various deformation phases is arranged at the whole die length of a tube. A time tube can encode some dimensions of deformation at once by changing expressional size, a color, and a layout. As an example of the deformation which can visualize a time tube (1) A time thing (if it says about a website tool for analysis, it will be added and changed and a web page will be deleted as time amount passes), thing of (2) value base (if it says about a website tool for analysis) (3) from which that corresponding color will also change if the rate of a visit of a page changes, since frequency is encoded by the color -- although a spatial thing (it reduces or an entity can expand it, although a website tool for analysis does not use this function) etc. is mentioned, it is not necessarily restricted to this.

[0071] This invention can show the process what clustering of the data is carried out, and which element settles in which cluster. The function to perform both these tasks to coincidence visually is quite convenient. Furthermore, it overlaps according to size, a color, and a layout, the various fields of clustering can be encoded, and it becomes easy to specify the inclination and pattern in data.

[0072] Some actuation is attained with the time tube by this invention. Since a time tube has the shape of a log of a cylindrical shape, it can rotate this in accordance with the shaft, and can move data near a user's view. A user can choose one entity and can also emphasize the entity which corresponds in each slice (technique called brushing). If it senses especially that a slice with a user is interesting, it is caught, and from a time tube, the slice can be dragged and it can investigate further. A slice is rotated

and the perspective drawing of the transverse plane of each slice can be shown to a user. If a time tube is in the workspace of a three dimension, a user can fly about a time tube, and can approach or separate to an interested field.

[0073] Drawing 21 shows how to display the graph with which a single string by this invention was related. At step 2101, the inventories (list) of all the unique nodes of all graphs are created, and the list of all nodes that had existed in either of a series of related graphs is created. At step 2102, the node location within a slice template is assigned based on the inventory generated at step 2101. The flat-surface slice of a time tube is arranged by arranging each node which exists in each of a series of related graphs at step 2103 to the flat-surface slice corresponding to a graph with each node.

[0074] Drawing 22 shows a series of suitable related graphs to display by the approach 2100 by this invention. Drawing 22 shows four separate related graphs. That is, these graphs have a common node. These four graphs may be seen as development of the website which happened over a certain time amount, and the structure of the graph shown corresponding to time amount 1 may be regarded as the initiation structure of a website. By time amount 2, Nodes H and I are added as a child of Node B. By time amount 3, the nodes N, O, P, and Q which were the children of Node D are deleted. By time amount 4, Nodes I, D, T, and U are deleted. Thus, although many nodes were missing from time amount 1-4 and always remain, a certain thing becomes clear.

[0075] Drawing 23 shows the flat-surface template which opts for arrangement of the node in the flat-surface slice which forms a time tube. The flat-surface template 2300 is built by creating the inventory of all the nodes that had existed in the time amount of arbitration. In order to form the tree structure showing all the nodes that had existed in the time amount of arbitration in the case of the inventory creation performed at step 2101, the parents of each node also have to record. The point shown in the flat-surface template 2300 corresponds to arrangement of each node in each flat-surface slice which constitutes the time tube by this invention. Central point 23A is a point for displaying Node A, and point 23H are a point for displaying Node H. By attaching 23 to the alphabetic character of a node, the reference number of the location in the flat-surface template corresponding to each node is obtained simply. [0076] Drawing 24 shows a series of flat-surface slices which constitute the time tube by this invention. The flat-surface slice 2400 of drawing 24 corresponds to the flat-surface template 2300 of a series of related graphs of drawing 22 , and drawing 23 .

[0077] Drawing 25 shows some aspects of affairs of the approach of displaying a series of related graphs by this invention. Drawing 25 shows the physical scaling of the dimension of a series of flat-surface slices. Points 2501, 2502, 2503, and 2504 express the same node respectively. If a user places cursor 2570 on a point 2501, a line 2550 will emphasize the relation of a point 2501-2504. Drawing 25 shows crust-izing or the condensation of four elements 2511-2514 to one element 2510 when seeing time amount 3 from time amount 4 again. The line 2561-2564 is emphasizing the relation in which the crust-ized node 2511-2514 turns into a node 2510 by time amount 3. It is used for drawing 25 illustrating some descriptions of the approach by this invention in order to make it brief. In order to see the situation of clustering, a user needs to think that time amount flows in the direction of the left from the right so that time amount 3 may come after time amount 4. Drawing 25 shows the addition of the node in the depth 3 in time amount 3, and the addition of a node [in / like nodes 2592 and 2593 / the depth 4 in time amount 4] like nodes 2590 and 2591 again. When it concludes that time amount flows in the direction of the left from the right, drawing 25 shows a kind of zoom applicable to the generalized graph structure which is displayed by time amount 4. For example, time amount 1 shows the zoom or the condition of having been expanded of a node of a graph shown in time amount 4. [of the depth 0, 1, and 2]

[0078] Furthermore, the time tube by this invention can show the graph with which the arbitration which may contain a cycle was generalized. Moreover, it must not necessarily be arranged in the same location as each node of each flat-surface slice having been specified by the flat-surface template. For example, it may not depend on the correspondence relation between nodes being shown at the continuity of the physical location in a flat-surface slice, but the correspondence relation between nodes may be shown using the translucent line of the line 2550 grade of drawing 25 .

[0079] By the interactive approach of the suitable operation gestalt in the aspect of affairs of the time tube of this invention, a user can take interaction in what was visualized, and various modes. For example, by clicking a carbon button, all slices can rotate by the system and these can be seen from a transverse plane. If a certain slice is clicked, a focus is together put focusing on the slice, and the data of the part of the week (or the period) can be seen more in a detail. The slice is brought to a transparent and circular background and it changes it into the condition that the slice in a time tube can be seen. To a time tube, by gesture which it fails to crawl, by gesture which has been crawled, a slice serves as return, and a slice serves as a pars basilaris ossis occipitalis (attaching few include angles). A cursor controller 105 may be used to

search the inside of a slice. If it is on a node with cursor, the node will be emphasized in all slices. Furthermore, a small information field shows the detail of the node. This interaction can know the detail of an interested point so that a user can brush a time tube with a finger. While the mouse 105 is searching, a user can direct to open the specific page to browsers (Netscape etc.) to a program, and it is possible to use this invention as the surfing the Web tool. When it activates on a node with a mouse 105, one link is shown for hop by the blue line. another carbon button -- a view -- changing -- a time tube -- straight ***** -- it becomes things. Moreover, the animation of each continuous slice can also be seen from a transverse plane. This maps the dimension of the time amount of data to the dimension of the time amount in visualization. When a node is right-clicked, zooming is carried out to the local field of the node, and a detail is shown more. If a Home key is struck, it will return to a global (whole) field of view. Thereby, the "drill down" actuation liked among analyst is attained. Looking for a local pattern quickly is greatly interested for analyst.

[0080] When the use pattern of a website can be visualized, analyst The answer to an interesting question can be obtained using the approach by this invention. (For example, what became that unpopular and whether it became further) Whether it became the page in which what is popular among in whether there were any reconstruction and correlation of a website It is [whether what kind of whenever / use / was influenced by the item which whenever / use / was influenced / what kind of / by the item added / whether it became further, whether it had reconstruction and correlation of a website, and / with time amount, or was deleted with time amount, and] **. Analyst may ask the often performed task for the difference between two use patterns. If a vision pattern "can be seen", analyst will think that he wants to know where the reasonable big difference is. That is, as for whenever [use] having gone up most greatly, ** descended somewhere most greatly whether there would be any topic or specific field, and specific relation a website has change of whenever [use] somewhere.

[0081] Another aspect of affairs of this invention explains the novel approach of visualizing both the process of the activated diffusion in the element group connected, and a result. Activated diffusion is a generalized process which asks for the effect by supplying the amount (activation) in the network of the element connected. Activated diffusion multiplies by the flow matrix M showing the strength of connection by activation vector $A(t)$, and, specifically, is performed by acquiring the new vector $A(t+1)$. The time tube and circular tree by this invention are used, and the process of activated diffusion can be visualized.

[0082] This invention solves the problem how to tell a user how the relevance which may exist in a network-like document group, and its relevance were searched for. This is useful when especially the assembly of a document is large.

[0083] According to this invention, in order for whenever [interest] to be predicted by activated diffusion and to make it intelligible for a user by it, the activated diffusion is visualized. In a quiescence display, it leads to an understanding of a user's impossible link by searching cursor for some parts in a network, and observing that activation is spread.

[0084] Very practical application of this invention is applying to the website of oneself or a competitor. Speaking more generally, being applicable to any networks which can be compared in general to a tree. This invention can enable visualization of a website and can give height and competitive strength for an understanding of the manager of a website and a designer by it.

[0085] With the algorithm of activated diffusion, the activation network embedded at the graph structure generalized is modeled as an activation matrix R. Since each node has the train and line of its dedication, the activation matrix R is a square. The diagonal line contains zero including the strength of relation of as opposed to the node i from Node j in each element R_{ij} which is not on the diagonal line. The strength of R matrix determines the activation flow of which is during iteration of activation from each node to each other node. Activation of the input brought to the generalized graph structure is expressed by activation input-vector C, and C_i expresses the activation brought to Node i during each iteration. time step $t=$ with the discrete dynamics of activation $-- 1, 2, --$, activation [in / activation at step t is expressed by vector $A(t)$ by making a model to N, and / in Element $A_i(t)$ / the node i in step t] level is expressed. Progress of an activation flow with time is determined by the formula of the following iteration.

[0086] $A(t)=C+MA(t-1)$

In the formula of the above-mentioned activated diffusion iteration, M is a flow matrix which determines the flow of activation between nodes, and attenuation. A flow matrix M is specified by the following formulas.

[0087] In the $M=(1-g)I+aR$ above-mentioned type, it is $0 < g < 1$, g is a parameter which opts for relaxation of the node activity which returns to zero, when not receiving an activation input any more, and a expresses the diffusing capacity of the activation to the thing of the near from a certain node. I is an identity matrix.

[0088] As mentioned above, a circular tree is the two-dimensional expression of the assembly of the item connected. In the case of a web tool for analysis, an item is a

web page and connection is a hyperlink which exists between documents. A field perpendicular to a circular tree may be used for encoding the frequency visited when the page was chosen. When it applies to the activated diffusion by this invention, a field perpendicular to a circular tree encodes the amount of activation which each node receives, and is also called an activation bar. The number of the elements in which a corresponding activated diffusion value is shown is adjustable. The number of the elements to display can be determined, for example based on what was defined beforehand (for example, when an activated diffusion value is shown about the document of a high order 100 etc.), a percentage, a predetermined threshold of the specified high order, etc., although not necessarily limited to this. According to this invention, the color of each activation bar may not necessarily be restricted to one color, and the value of activation may use various colors or it may be gradation. Various networks can be used for diffusing activation. In the website tool for analysis by this invention, although whenever [contents and use], and a topology network are used, other networks, such as recommendation, may be used. Activation may be diffused to one or more pages or one or more networks at coincidence.

[0089] It is mentioned to one of the powerful functions that the result of the activated diffusion in various networks is shown rather than visualization of activated diffusion can perform. Furthermore, when a network is together put using a weighting device, the contribution of each network to activation of a page can be evaluated by using a color which is different to each network in an activation bar. The effectiveness of using various flow networks (for example, whenever [the contents, whenever / use /, etc.]) in the bottom subtracts the activation pattern obtained as a result from each network, and can judge it by displaying the difference.

[0090] Since visualization is interactive, the amount of time amount which cursor spent on the page can determine the amount of the activation diffused in a network. This process is called dwell time amount. A user can determine the group of the page used for supplying an activation input with the hysteresis or some of other means of the page chosen in visualization (a user a page there, and text window which displays the current source of activation which can be dragged and dropped from there). Furthermore, a kind of "fuzzy brushing" as which a page is determined by the thing near the selected page (with whenever [hyperlink structure contents, and use], or other scales of a certain) can determine the group of the page. The description which visualizes the result of the activation escape by this invention is explained further below.

[0091] Drawing 26 shows activated diffusion which is modeled in Matlab (the

conventional mathematics package). A x axis expresses each document in which the sequence arrangement was carried out by the breadth-first search of the website of Xerox Corp., the y-axis expresses the amount of the activation which each document receives, and the z-axis expresses each step of an activated diffusion process. The result of a process is a vector and can be visualized as a two-dimensional plot by Matlab.

[0092] It can visualize using the time tube according the repetitive process of activated diffusion to this invention. Circular Thurs. by which the time tube continued uses respectively (it is also called a flat-surface slice), and the result of the activation in each phase of an activation process is shown. It is not the suitable approach an activation bar displays activation for this purpose. It is because deformation is encoded using a field perpendicular to each circular tree. Instead of this, an activation value is displayed using the color of each node in a circular tree. The visualization of activated diffusion using a time tube enables it for a user to specify the interesting event in algorithms, such as specification of a phase shift, and to analyze. A phase shift happens, when modification in activation of the node in the step which an activated diffusion algorithm follows makes the sign reverse.

[0093] Drawing 27 shows the activated diffusion algorithm result method of presentation relevant to the generalized graph structure by this invention. In step 2701, a circular tree is displayed on a flat surface. At step 2702, input-vector C of an activated diffusion algorithm is determined. At step 2703, the activated diffusion vector A is repetitively calculated about iteration of N time. Last activation vector A (N) is expressed as step 2704 at right angles to the flat surface of a circular tree. At step 2705, it is judged by the approach 2700 whether there is any input to an activated diffusion algorithm further. If there is an input further, as for an approach, return and new activation input-vector C will be used by branching 2750 to step 2702. If there is no input more than it at step 2705, an approach will be ended at step 2706 by branching 2751.

[0094] Drawing 28 shows how to display the result of the activated diffusion algorithm by this invention. According to this invention, an activation input can be specified in various interactive modes. For example, as shown in drawing 28, it puts on the node 2805 which had cursor 2801 displayed, and may be made to carry out accumulation of the activation input by this node with time. For example, cursor 2801 is long on a node 2805, and more activation inputs are generated to this node a certain forge fire. Although it begins to accumulate an activation input to a certain node as another modification, cursor is placed on the node and you may make it have to choose by

pushing the carbon button of a mouse etc. while [maintaining the activation input generated to the node chosen before] If [activation is added to a certain node], make [you], he may begin [a user moves cursor 2801 to another node, and] to add activation by the another node. For example, in drawing 28 , the user is adding the activation input to a root node by placing cursor on the root node 2899 and choosing a root node over a certain period, then, moves cursor 2801 to a node 2805, and he is beginning to add the activation input to a node 2805, without affecting the activation input already defined to the root node 2899. At any times, as for display 2800, last activation vector $A(N)$ obtained from activation input–vector C which exists then as a result is reflected. Therefore, the repetitive mold activated diffusion algorithm of the step of N individual is continuously performed, as long as new activation input–vector C is generated by changing the amount of an activation input about the node of the arbitration of the generalized graph structure. Although drawing 28 shows the expression of the circular tree of the generalized graph structure, it may omit many links which exist in the generalized graph structure as mentioned above from this tree structure displayed. Therefore, as a result of the activated diffusion algorithm by this invention, according to another aspect of affairs of the method of presentation, a line translucent whenever a user chooses a node appears, and shows the omitted link in the generalized graph structure. For example, in drawing 28 , the user has chosen the node 2805 and the translucent lines 2820 and 2821 connect a node 2805 to nodes 2806 and 2807, respectively. Although the translucent lines 2820 and 2821 exist in the generalized graph structure, they express the omitted link with the tree structure. It is [become / it] easier for the user to understand how activation was spread to the node which activation diffused from the node to which the activation input was applied by these translucent lines 2820 and 2821. For example, probably a part of activation added by 2805 will be spread to the node 2807 through the link 2821 which was not shown in the tree structure. By another device in which an activation input is applied to a node, a node is chosen and the amount of activation which should be applied is typed. A user resets activation input–vector C always, and can begin to add an activation input from zero again. Dynamic simulation of a flow network is realized and an understanding of the dynamics of the graph structure by which the user was generalized by that cause is greatly promoted because the formation of an activation input vector and the display of the last activation by measuring the dwell time amount of the cursor on a node have the interactive description.

[0095] Drawing 29 shows how to display the condition of activation vector [under iteration of N time (not only the thing explained with reference to drawing 28 after

carrying out repeatedly / N time /)] A (t). When input-vector C is determined at step 2901, at step 2902, the activated diffusion vector A is calculated about iteration of N time, and the value (some in 0 thru/or N or value of all t) of activated diffusion vector A (t) is saved in some of the repetitive step or all. The selected activation vector is expressed as step 2903 as a circular tree in the time tube which has the activation level in various links and/or nodes which were encoded by the color by the flat-surface slice which constitutes a time tube. Although the activation vector in the various time steps of an activated diffusion algorithm may be displayed as an operation gestalt replaced with this with the activation bar which was in agreement with the time-axis of a time tube, this has sufficient spacing for the dimension of the time amount during a flat-surface slice, and when an activation bar does not intersect the flat-surface slice which a time tube adjoins, it is restricted. This is shown in drawing 30 .

[0096] In drawing 30 , a lot of activation is added to a node 3011 by time amount 1. In time amount 2, some of the activation is spread to nodes 3022, 3032, 3042, 3052, 3072, 3062, 3082, and 3092. Last activation vector A (N) is shown by time amount 4. A lot of activation is completed by the node 3084 after iteration of N time. Since an activated diffusion algorithm will generate last activation vector A (N) which carries out the convergence in measure (if it is used with the suitable flow matrix M), it may be more useful than the direction of the last of the iteration from the change in the direction of the last of iteration becoming small to display the first direction more frequently. Or it may be based at the place where change is the largest repeatedly it chose when displayed, and may be based on the phase shift detected in the activated diffusion algorithm, or, of course, all the middle activation vectors of N-1 may be displayed. Two or more activation vectors may be calculated and displayed in the circular tree display of drawing 28 , and the time tube display of drawing 30 . For example, it may be thought that the analyst of a website wants to perform the difference between the last activation vectors which are made to diffuse the same activation input-vector C as two separate flow matrices M1 and M2, and are acquired as a result in the display of a difference with the use pattern observed as the use pattern to recommend by displaying on the circular tree. Of course, the process of count of this difference can be shown on a time tube, as shown in drawing 30 .

[0097] Furthermore, the combination in which different flow matrices M1 and M2 carried out weighting is calculated, the result is displayed on a time tube or circular Kigami, the activation bar showing an activation vector is divided, and you may make it a user know whether it is what which part of each activation level depends on which

flow matrix.

[0098] Since a web is still in an initial stage, it is also no wonder that the interaction or relation to a web environment are not understood not much well. Probably the problem of an understanding of the correlation of an informational provider, the informational description, and an informational user will remain as it expands also in the number of the documents which World Wide Web can access also in the number of users.

[0099] The visualization approach by this invention clarifies the development pattern of a web environment more while extending the function of a web analysis program in respect of the amount of data which can be displayed.

[0100] Although the various aspects of affairs of this invention have been explained in the light of the operation gestalt, these operation gestalten are only examples and are not limited to this. Detailed explanation of above-mentioned this invention is only aimed at instantiation and explanation. What is exhausted in the gestalt indicated here is not limited, either, and much deformation and modification are clearly possible for this invention in view of above-mentioned instruction. The operation gestalt explained here explains the principle and practical use of this invention best, and as suitable for the application for which this contractor means this invention with various operation gestalten, it adds various modification, and it is chosen so that it can use for best. If it is this contractor, it is possible to add various additions or modification to the above-mentioned operation gestalt by this indication. These additions and modification are also within the limits of this invention, and the range is defined by the claim shown above.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

TECHNICAL FIELD

[Field of the Invention] This invention relates to generation and its display of the tree structure expression for displaying the graph structure generalized especially about the field of a display of the generalized graph structure. This invention solves the problem of the layout of a big directed graph like the site of World Wide Web, and expresses important relation.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

PRIOR ART

[Description of the Prior Art] World Wide Web (web) is the probably most important thing among the information access mechanisms brought to general society in the 20th century. Possibility when preparing for an employee and a business partner searching behind and offering and composing a lot of data will also be realized as the organizations which depend on the Internet as what provides with information people who may become a customer and an investor increase in number. The website of a company is becoming the investment outlet of the rapid most important business.

[0003] Generally, many websites are used as an information repository. With the website use pattern observed and obtained, how the employee of the company is using the website can understand the activity of the company better. For example, it is also considered that it becomes the one approach of predicting sale to observe of what kind of product the operating section has downloaded the advertisement. That is, the conventional market research is applicable also to this information resource.

[0004] Analyst has how the web page is not only used but it in what kind of context, or also shows interest to the link structure and contents of the web page. Since the link structure, the contents of the page, and change of topology which is seen whenever [use] take place frequently, a website is dynamic structure. Analyst is wishing he wants to analyze the developing website.

[0005] Since the hope of the analyst who wants to build the topology of a website efficiently is increasing while getting to know and understanding the relation of the contents of a user's access pattern or the web page, the useful visualization tool group is needed in the analysis process of a website.

[0006] It is not easy to display the complicated generalization graph structure greatly. As conventional approach which is going to generate the tree structure expression of the generalized graph structure, there are depth-first (vertical mold) retrieval and width-of-face priority (horizontal type) retrieval, and these tend to solve this problem by forming a hierarchy based on the topology of the generalized graph structure.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

TECHNICAL PROBLEM

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The manager and designer of a website need to get to know the relation between a parameter and its link topology whenever [use / of a website]. In order for a website to change dynamically with time amount, change of topology needs to know what kind of effect it will have on the use. Although there are some conventional website methods of presentation which encode use information in the case of visualization, there is nothing that refers to use information,

in case the structure which should be displayed from the generalized graph structure is generated to the conventional approach. Furthermore, what changes arrangement of the node in the structure displayed based on use of a node does not exist in the conventional system.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

MEANS

[Means for Solving the Problem] The Prior art for understanding the generalized complicated graph structure is displaying the link which constitutes the generalized graph structure, and the expression of a node. One of the views of World Wide Web is seeing as the generalized graph structure as which a web page's expresses a node and a hyperlink's expresses the link between nodes. Since the graph structure generalized so that an a large number thing might also show the link between nodes is complicated, there are some links of the generalized graph structure which are not usually expressed, and the person or user who sees enables it to process the expression effectively cognitively. A one division target of this invention is ensuring the approach of generating this including a more important link, in order to display this expression. Another purpose of this invention is ensuring the approach of displaying this expression positioning a node or a link according to the significance. Thereby, the person or user who sees can understand a node or the significance of a link based on the location in the displayed expression. According to this invention, the expression of the generalized graph structure which is used for a display is the tree structure.

[0009] According to one aspect of affairs of this invention, a parameter is referred to

whenever [use] generating the tree structure from the generalized graph structure. This aspect of affairs is applicable to the various approaches of generating the tree structure while it is [whenever / use / of various types] applicable to a parameter. For example, frequency, newness, spacing of access, and path information are kinds of a parameter whenever [use / which may be referred to by this invention respectively].

[0010] An example which generates the tree structure from the graph structure generalized with reference to the parameter whenever [use] is the width-of-face priority going method of a graph for referring to a parameter whenever [relevant to each node or a link / use]. Whenever [relevant to each node / use], a parameter is referred to in order to determine the sequence visited by the graph going method. The sequence to visit is determined by visiting a node with whenever [use / highest] first. That is, a child node is visited by the high order of a parameter whenever [use]. That is, priority is given to a popular web page over a popular lower thing. Although a child node has a hyperlink to it, it is recognized by not a popular lower twin node but the more popular web page (claim). Or the sequence visited by visiting the node which has the high link of whenever [use] most is determined. As another example which generates the tree structure from the generalized graph structure, referring to a parameter whenever [use] by the depth-first round of a graph is mentioned.

[0011] According to another aspect of affairs of this invention, in the tree structure method of presentation, it opts for arrangement of the node in the layout of the tree structure with reference to a parameter whenever [use]. With the suitable operation gestalt of this aspect of affairs, a root node is arranged in the center of a layout.

[0012] With an example of the suitable operation gestalt of this aspect of affairs, a twin node spreads on the link extended from those parents to radial. Therefore, the layout of the tree of the cone form crushed by this example is included. In the example of the tree of this crushed cone form, it is arranged in the place where the highest twin nodes of whenever [use] separated from each other most, and it dissociates the optimal so that that largest space to expand can be taken. Next, the lowest node of operating frequency is arranged in the remaining space between the high nodes which are whenever [use]. By this approach, a node continues being arranged in the place which is most distant from each other based on the value of whenever [use] around those parents.

[0013] In another example of the suitable operation gestalt of this aspect of affairs, a twin node is arranged from a root node at the same radius. Therefore, this example includes the layout of a circular tree. In the example of this circular tree, the same

include-angle tooth space as each leaf node of that hierarchy may be assigned. The layout include angle of each node may be the function of the rank of a parameter whenever [use / of the node to the twin node]. Therefore, a twin node is arranged in the sequence to which the parameter only related a layout include angle and whenever [use], arrangement of the highest nodes of whenever [use] will be carried out mutually soon, and arrangement of the lowest nodes of whenever [use] will be carried out mutually soon.

[0014] Furthermore, it is also possible to use a parameter instead of the above according to this invention at [use / which was drawn] every function at [possibility / of needs /, clustering / of a common citation /, node, and link use] both [every] etc.

[0015] It will reach and other descriptions and advantages will become clearer than these drawings of this invention fully explained with the gestalt of implementation of invention.

[0016]

[Embodiment of the Invention] A drawing is explained more to a detail here. In a drawing, although the same referring to space number shows the same element, since this invention is explained clearly, a reference number which is different into the same part may be given to a different drawing.

[0017] World Wide Web is a complicated and big directed graph. Visualization of a general directed graph is a difficult well-known problem. In fact, no present graph layout algorithms can fully treat the graph of 7000 nodes. However, the link structure of a website is in a hierarchical inclination as a sub-domain of a directed graph. That is, although a website is not a tree, the thing near a website can be expressed with a tree expression in many cases.

[0018] In analyzing the link structure of a web, analyst has many interests in finding smallest number from a certain document to another document of hop. A width-of-face priority round is carrying out arrangement of the node as much as possible soon at a root node, and transforms a web graph into a tree. After obtaining this tree, structure is visualized with a circular tree visualization technique. A circular tree uses a circular layout for visualizing a hierarchy. Each continuous circle expresses the level in a tree. A layout algorithm is performed with two pass. With the 1st pass, an algorithm patrols the whole hierarchy by backward order round. In each node, since the number of the leaf nodes of the subtree is calculated by the algorithm, the number of the leaves is known. Next, by the algorithm, the include-angle amount of space which should be assigned to each leaf node is calculated (what divided 360

degrees by the total of a leaf). With the 2nd pass, an algorithm patrols a hierarchy by width-of-face priority round. In each node, an include-angle amount of space is assigned to the node by seeing how many leaf nodes whether have rooted in the subtree. Thus, the include-angle tooth space of a constant rate is guaranteed to each leaf node.

[0019] If it can choose mentally and strategically in case data are mapped in a vision expression, those who see can understand the visualized thing still better. There are some advantages in a circular tree. First, wooden structure is visualized by the compact and the pattern is known simply. Since the whole layout is on a two-dimensional flat surface even if it attaches and sees an include angle straightly or slightly to the 2nd, there is no problem of occlusion. Unlike the tree of a cone form, since it is a two-dimensional technique, the 3rd dimension can be used for the 3rd at other information, such as time amount, or the three-dimension glyph of each node. Furthermore, since it is circular, it is esthetic on vision.

[0020] Selection of a suitable width-of-face priority deformation algorithm can actually be checked by the visualization itself. Usually, the field with much traffic is concentrated near a root node. That is, the node which is easy to reach is arranged with a root node as the starting point by the algorithm. Possibility of being accessed becomes small, so that a document becomes far from a root node.

[0021] Drawing 1 shows the architecture 100 of a suitable general purpose computer to realize the approach by this invention. A general purpose computer 100 is equipped with a microprocessor 102, the display monitor 104, and a cursor controller 105 at least. A cursor controller 105 may be realized as a mouse, a joy stick, a series of carbon buttons, or a certain input unit of the others which enable a user to control the cursor on the display monitor 104, or the location of a pointer. A general purpose computer 100 may be equipped with random access memory 107, a hard disk 103, the ROM memory 108, a keyboard 106, a modem 110, and a graphics coprocessor 109 again. All the elements of a general purpose computer 100 are connected with a common bus 101, and you may make it exchange data among various elements. Generally, a bus 101 includes data, the address, and a control signal. Although the general purpose computer 100 shown in drawing 1 includes the single data bus 101 which connects all those elements, the requirements that the single communication bus 101 which connects the various elements of a general purpose computer 100 is indispensable do not have it. For example, a microprocessor 102, RAM107 and ROM108, and a graphics coprocessor 109 may be connected with a data bus, and, on the other hand, a hard disk 103, a modem 110, a keyboard 106, the display monitor 104,

and a cursor controller 105 may be connected with the 2nd data bus (not shown). In this case, the 1st data bus 101 and 2nd data bus (not shown) may be connected with a bidirectional bus interface (not shown). Or graphic co-processor 109 grade is connected to some 102 of the elements, for example, a microprocessor, in both the 1st data bus 101 and the 2nd data bus (not shown), and it may be made to perform the communication link between the 1st data bus and the 2nd data bus (not shown) through a microprocessor 102 and a graphics coprocessor 109. Thus, although the approach of this invention can be performed in any general-purpose computer architectures as shown in drawing 1 by 100, it is clear architecture's which can perform the approach of this invention not to necessarily be limited only to this architecture.

[0022] Drawing 2 shows the generalized graph structure 200 which consists of a node 201-215 of 15. The various nodes 201-215 of the generalized graph structure 200 are mutually connected by the link as shown by 216-225. The link which connects various nodes may also be both directions or an one way. A link shows that let this specification and its drawing pass, a bidirectional link is expressed with any edge as a link without an arrow head, the link of an one way is expressed as a link which has an arrow head in one side or the other-end section, and the arrow head tends to point out. For example, moving to nodes 202-203 can also move the link 217 of drawing 2 to nodes 203-202. It is clear from a certain node that a partly different root exists in moving to another node. Since much links exist in the generalized big graph structure, indicating the whole of the link has many impractical things. Therefore, when showing a user the vision expression of the generalized graph structure, only the subset of all the links that exist in the generalized graph structure is displayed. The subset of the link chosen so that it may display must show the path from all nodes to all the other nodes of the generalized graph structure. Many tree structures are used for attaining this purpose.

[0023] Drawing 3 shows the tree structure expression 300 of the generalized graph structure 200 which is shown in drawing 2 . The link 216-225 is not shown in the tree structure 300 corresponding to the generalized graph structure 200. Thus, the link 216-225 is omitted because it forms a cycle in the graph structure 200 by which these were generalized. There is no cycle in the tree structure, that is, there is only one path from a certain node to another node. Since all cycles are severed in the tree structure expression 300, there is only one path from a certain node to another node.

[0024] Drawing 4 shows another tree structure expression 400 of the tree structure expression 300 shown in drawing 3 . Let a node 201 be a root node in the tree

structure 400. The depth of the root node 201 is zero. The children of the root node 201 are nodes 202, 203, and 204, and these depth is 1. There is a child in a node 202 and there are three children (nodes 206, 207, and 208) in one (node 205) and a node 204. The depth of a node 205–208 is 2. It is determined by the number of the links which must patrol it by the time the depth of every node results in a root node. Since there is no child in nodes 209, 210, 203, 214, 215, 207, 212, and 213, these are leaf nodes.

[0025] Drawing 5 shows the circular tree expression 500 of the tree structure 400 shown in drawing 4 . The central point 501 of the circular tree expression 500 corresponds to the root node 201 of the tree structure 400. Respectively, the point 501–515 expresses one of nodes 201–215, and, specifically, can calculate the reference number corresponding to the point in the circular tree 500 about each node of the tree structure 400 by adding 300 to the reference number relevant to each node of the tree structure 400. That is, the node 201 of drawing 4 is shown as a node 501 of the circular tree 500, a point 502 and a node 203 are expressed with a point 503, and a node 215 is expressed with a point 515 for a node 202. A circle 550 includes all the points showing the node whose depth from the root node expressed with a point 501 is 1. A circle 560 includes all the points showing the node whose depth is 2. A circle 570 includes all the points as which, as for a circle 580, the depth expresses the node which is 4 including all the points showing the node whose depth is 3 (since the point of drawing 5 is showing and expressing the node of drawing 4 , it may point out hereafter the point of expressing the node on a display, and may call it a node). It opts for include–angle–arrangement of each point showing the node of the circular tree 500 as follows. It asks for the total of a leaf node and 360 degrees which is an include angle of a circle are divided by the total of the leaf node. Since there are eight leaf nodes expressed with points 512, 513, 509, 510, 503, 514, 515, and 507 in the case of the circular tree 500, each leaf node has the include–angle tooth space of its dedication 45 degrees in the circular tree 500. Include–angle arrangement of a parent node is made into the include angle which divides into two equally the include angle which the leaf node and root node of the outermost part form. For example, the point 504 of expressing a node 204 has the outermost leaves 214 and 213, and these correspond to points 514 and 513 in the circular tree 500, respectively. The include angle formed of the point 514 of the outermost leaf, the point 513 of the outermost leaf, and the root node 501 is 180 degrees. Therefore, the include angle of a parent node 504 is an include angle which divides the 180 degrees into two equally. Similarly, a parent node 511 has a child's points 515 and 514. A child's points 515 and 514

accomplish the include angle of 45 degrees with the root node 501, therefore parents' point 511 is arranged at the include angle which divides the 45 degrees into two equally.

[0026] According to this invention, the layout of the graph structure is performed based on use information. By the approach by this invention, the further information is encoded to the conventional layout approach mainly being based on topology or the contents by what priority is given to whenever [use] for (it ranks). These approaches give the function of whenever [interest] to visualization of a graph, and, thereby, make the burden about cognition the minimum. Although the range of this invention reaches the range far larger than the application to a web, the approach by this invention is illustrated by the web.

[0027] This invention copes with the problem which arranges a big directed graph which is looked at by World Wide Web, and it is made for relation with relation to appear. According to this invention, a general graph is used as a tree by round of the base whenever [use]. The order of a round, the order of a layout, or its both sides is chosen based on data whenever [use / of simple frequency or the frequency of a common citation]. If the approach of this invention is used, the view of the intranet of a company can be composed dynamically.

[0028] According to this invention, the further information is encoded by visualization of a graph by arranging a graph based on the information on the base whenever [use]. For example, in informational retrieval, a hypertext document is accessed by various frequency (there are some which are [/ else] more popular). According to this invention, whenever [of an item / popular] serves as an aid which determines the priority which the item receives in the layout of a graph. By uniting encoding data and it with the structure layout of a graph whenever [use], the change in whenever [use], and topology can be seen to coincidence.

[0029] Although the range of invention proposed here is not necessarily restricted to the document on World Wide Web, the web which the manager of a website looks at is used for explaining the base of the concept of this invention as an example. The manager of the web to which this invention maintains is enabled to understand the relation of the use pattern and topology of a website.

[0030] Showing what visualized or expressed the link and the node as a Prior art for understanding complicated link structure is mentioned. It can see as a graph with which a document expresses a node and a hyperlink expresses the link between documents as one of the views of a web. Since it is numerous and a link's is complicated, informational [some of] excludes or makes an extract, and they usually

realize vision processing which can be recognized effectively. In order to ensure showing more important information with a layout algorithm, these algorithms use the function of whenever [interest] in many cases.

[0031] There is nothing that changes the layout of an item based on the description of whenever [use] in the conventional system. Those who maintain a website, and the designer of the contents need to understand the relation of the use pattern and link topology of the site. The website is dynamic, and in order to change with time amount, those who maintain need to understand in many cases what kind of effect change to topology has on use. By using the information from a use pattern, a layout algorithm can present the topology of a site and whenever [path / of a user / and use] can show clearly how (following on access to the structure by for example more many users, change of the needs, and development of the topology in the bottom) it changes with time amount.

[0032] The approach by this invention uses use information for determining a layout about various layout algorithms. What is going to make space of a screen the maximum, and the thing which functions as it expressing the delicate relation between elements are also in these algorithms. All of frequency, newness, spacing of access, and path information are the gestalten of the use information which may be referred to by the approach of this invention. Furthermore, although drawn use information, such as crust-izing of a common citation and the possibility of needs, can also be used, this invention is not necessarily restricted to these gestalten.

[0033] It starts with the node called a root node as one of the layout approaches of the topology by this invention, and there are some which extend a link to radial focusing on the node. As long as there is space of a screen, this is repeated by the auxiliary node. In order to arrange a node the optimal, with a layout algorithm, to arrange the nodes most often used to the place most distant from each other, and to make it the development tooth space become max may be desired. The node with whenever [use / lowest] is arranged to the remaining tooth space between the high nodes of whenever [use]. Arrangement of the node to the place which is [whenever / use] most distant from each other considering a hub as a core with a layout based on a value is continued. The highest node of whenever [use] is separated from each other the optimal, and gives sufficient screen space to arrange the related child node. This is performed at the sacrifice of a node with whenever [use / lower].

[0034] By the another layout approach by this invention, a node is set in order by whenever [use], they are arranged the lower one from the higher one (to or the higher one from the lower one), and whenever [popular] (or it is unpopular) is shown.

[0035] By the width-of-face priority round of the improved graph by this invention, whenever [in the structure / use] is encoded as an example of the layout of the base whenever [use]. the layout of the conventional width-of-face priority round base -- the child node of a root node -- arranging -- the degree -- the -- a child node is arranged again. Conventionally, the sequence of visiting a child node in the case of a round was not specified. However, according to this invention, the further information is encoded with a graph layout by choosing the sequence visited only based on a certain parameter. For example, the sequence visited by sorting a node based on the amount used is determined (priority is given to a popular page over an unpopular web page).

[0036] Another layout algorithm improvable so that this invention may refer a parameter whenever [use] is a depth-first round to which a node with a common ancestor is shown. In this case, a vertical slice is shown regardless of the thing in that near. It must decide whether choose which child with an algorithm and to search each step. A child with whenever [use / highest] is first visited like the best width-of-face priority round by this invention.

[0037] According to this invention, the combination of the layout of other many is possible. For example, a graph is not followed from a certain node in order of the topology of width-of-face priority or a depth first, but all the nodes of level are displayed as a root node whenever [a certain use]. If it says about a web, the group (page used for going into a site) of an entry point and the path which a user follows from those pages can be visualized using this technique. The tooth space between them is assigned based on whenever [link / between root nodes /, and use].

[0038] If it is not only shown clearly how document structure is accessed, but is collected over a certain time amount with a use pattern between a certain concentrated time amount, flow in topology will also be clarified. This gives still more nearly another dimension to an expression. Those who maintain can grasp further how use changes with time amount (change or the external events which are probably ** and a user), or how change of structure influences a use pattern. Those who maintain can make change it not only to understand which where [of the structure] many people are patrolling now, but correlate by comparing these time slices.

[0039] Drawing 6 has nine nodes 1-9, is the generalized graph structure containing many cycles, and shows the structure used for the tree structure generation method of the base being shown whenever [by this invention / various use]. In order to make it clear, the bidirectional link between nodes is expressed as a pair of an one-way link. For example, a node 1 has a link 612 to a node 2, and a node 2 has a link 621 to a node

1.

[0040] Drawing 7 shows the topology matrix 700 corresponding to the generalized graph structure 600. The line 1–9 of the topology matrix 700 corresponds to a node 1–9, and the train 1–9 also corresponds to a node 1–9. The entry of Line i and the topology matrix of Train j expresses the existence of a link to Node j from Node i. For example, a node 6 has a link 663 to a node 3, and a node 7 has a link 678 to a node 8. Therefore, it is expressed with 1 in Line i and Train j of the topology matrix 700 that there is a link from Node i to Node j. It is expressed with 0 in Line i and Train j of the topology matrix 700 that a link does not exist from the node i of the generalized graph structure 600 to Node j. Since a topology matrix, in addition to this, pinpoints the link to all nodes from each node of the generalized graph structure, generally it is a square. The entry on the diagonal line of a topology matrix is always zero. Although the topology matrix 700 is symmetrical focusing on the diagonal line since the link of the generalized graph structure 600 is bidirectional, that must not necessarily be right.

[0041] Drawing 8 shows the parameter vector 800 used corresponding to the graph structure 600 by which drawing 6 was generalized. Whenever [use / of a node 1], a parameter is 75, as shown in the entry 801 of the parameter vector 800 whenever [use]. Similarly, a parameter is 29 and is looked at [whenever / use / about a node 8] by the entry 808 of the parameter vector 800 whenever [use]. Thus, the parameter vector 800 is [whenever / use] a list of parameters only whenever [relevant to each node of the generalized graph structure / use]. Generally, there is a parameter vector in the generalized graph structure which has the node of N individual whenever [use / of the entry of N individual relevant to it]. Thus, a parameter corresponds [whenever / use / of the parameter vector 800] to whenever [use / which was obtained by the corresponding node] whenever [use]. For example, supposing each of the node 1–9 of the generalized graph structure 600 expresses the web page of the website which consists of 9 pages, a parameter may be used for expressing the number of average accesses on the 1st of each web page of the website whenever [relevant to each node / use]. Or various users who accessed the page may express with the user parameter relevant to each node the sum total of the time amount which was opening the page. A parameter may encode the sum total dwell time amount measured by all the users that accessed that page between a certain fixed time amount whenever [use / in this case]. The amount encoded with a parameter whenever [relevant to each node / use] can be calculated by various approaches, and measures whenever [use / of the type with which the each differs]. The approach by this invention is [whenever / use / what kind of / which can be

taken into consideration and calculated about each node] applicable also to a parameter. Therefore, this invention is not restricted to the type of a parameter whenever [single use / of frequency or dwell time amount]. Possibility of a parameter that a certain scale specified beforehand normalizes is [whenever / use] high. For example, a parameter is normalized by the scale of 0 to 100 whenever [use / which is shown in drawing 8]. A parameter may be normalized by 0-1, or -1024 to +1024 grade whenever [use].

[0042] Drawing 9 shows the width-of-face priority approach 900 of the base whenever [for generating the tree structure from the generalized graph structure by this invention / use]. By this approach 900, a root node is first recognized at step 901. In order to generate the tree structure with a width-of-face priority algorithm, a root node is specified and it must enable it to calculate the depth of the node to the root node. In step 901, a root node can be recognized according to various devices. For example, the node may be chosen because a user places cursor on a specific node with the generalized graph structure which is displayed on the monitor of a computer and pushes the carbon button of a mouse 105 using a cursor controller. Or a root node may be recognized by expressing with the node name tacitly. For example, on a website, the homepage of a web may have URL (universal resource locator) which has the semantic structure it indicates what will be been a root node to be. for example, www.xerox.com ** -- syntax is analyzed by the program which enforces the approach according the home web page of Xerox Corp. in URL to say to this invention, and you may make it a program recognize that it is the root node of the website where this web page has applied the program by that node name Anyway, if a root node is specified at step 901, in step 902, the current depth will be set as zero. At step 902, the depth of a root node is only specified that it is definition top zero. This definition is illustrated about the root node 201 whose depth is zero in the tree structure 400 of drawing 4 . In step 903, it is in the depth current by the node authorized by this approach, and is not visited yet, but the node whose parameter is the highest whenever [use / of relation] is visited. When it results for the first time during activation of an approach 900 at step 903, the only node recognized until now is not visited yet while it is a root node and this is the only node in the current depth. Therefore, a root node is visited when it results in step 903 for the first time in an approach 900.

[0043] In step 904, all the child nodes by which the node visited now is not recognized yet are recognized by this approach. The node recognized at step 904 can be easily specified by referring to a parameter vector whenever [topology matrix and use]. The

entry of the line of the visited node is the node which is not zero in a topology matrix, and the child node which should be recognized at step 904 is not recognized yet.

[0044] In step 905, it is judged whether there is any node which is in the current depth and has not been visited yet by the approach 900 and which is recognized. Since the only node in current depth zero is the root node itself when performing step 905 first in an approach 900, the answer of the test in this 905 is a no. Therefore, this approach progresses to step 906 by branching 952, and the increment of the current depth is carried out. When beginning by the approach 900 and performing step 906, the current depth is set as 1.

[0045] At step 907, it is judged by the approach 900 whether a node exists in the current (the increment was just carried out) depth. That is, all the nodes of the generalized graph structure are recognized by the test 907, and judge whether it is visited or not by it. If there is no node in the current depth, it recognizes, and all nodes will be visited and will be completed at step 908 by branching 954. However, if a node is in the current depth by which the increment was carried out newly, it will return to step 904 by branching 953. In step 903, it is in the current depth and the acknowledgement node whose parameter is the highest whenever [use] is visited. That is, about all the nodes recognized by being in the current depth, a parameter is referred to [whenever / use] whenever [use] from a parameter vector, and the node whose parameter is the highest whenever [use] and which is recognized is chosen as what is visited first.

[0046] Steps 903, 904, and 905 are repeated by order with a high parameter whenever [relevant to the acknowledgement node which is in the current depth about each acknowledgement node / use]. All nodes are recognized, an approach 900 is continued until it is visited, and it ends at step 908.

[0047] Drawing 10 shows the tree structure generated from the generalized graph structure 600 which is shown in drawing 6 by the width-of-face priority approach 900 shown in drawing 9 with reference to the parameter vector 800 whenever [use / which is shown in drawing 8]. In the tree structure 1000 of drawing 10, the user specified the node 1 as a root node, and has recognized nodes 2 and 4 as a child of a root node. After the increment of the depth is carried out to 1, since it was larger than the parameter, the node 2 is visited ahead of the node 4 whenever [corresponding to the node 4 which has / whenever / use / of a node 2 / the direction of a parameter (see the entry 802 of a parameter vector whenever / use /) in the entry 804 of the parameter vector 800 whenever / use / use]. That is, whenever [use / of a node 2], a parameter is 51, and since it is larger than 51, the parameter has chosen [whenever

/ use / of 84, one side, and a node 4] 84 so that a node 2 may be visited first. When a node 2 is visited, nodes 3 and 5 are recognized as a child of a node 2. When the depth is 1 and a node 4 is visited, the node 7 is recognized as the child. After visiting all the nodes of the depth 1, in the approach 900, the increment of the depth was carried out to 2, and since it is larger than a parameter 44, the direction of 86 (see the entry 805 of the parameter vector 800 whenever [use]) which is a parameter whenever [use / of a node 5] has chosen [whenever / use / of a parameter 6 and a node 7] whenever [use / of a node 3] so that a node 5 may be visited ahead of nodes 3 and 7. When a node 5 is visited, nodes 6 and 8 are recognized as a child of a node 5 by the approach 900. Next, although a node 7 is visited, the child who recognizes to a node 7 does not exist. Similarly, a child is not approved although a node 3 is visited in the depth 2. Therefore, the increment of the depth is carried out to 3, the node 6 whose parameter is 96 whenever [use] is visited, and the node 9 is recognized as a child of a node 6. Also when the node 8 of the depth 3 and the node 9 of the depth 4 are visited, they do not approve a child. Although the increment of the current depth is carried out to 5 after visiting a node 9, an approach 900 judges that a node does not exist in the depth of a step 907 smell lever, and an approach 900 ends it at step 908 by branching 954.

[0048] Drawing 11 shows the parameter matrix 1100 whenever [use]. The parameter matrix 1100 contains [whenever / use] a parameter whenever [about each link of the graph structure 600 where drawing 6 was generalized / use]. A parameter specifies the amount used measured about each link shown in the graph structure 600 by which drawing 6 was generalized whenever [use / which is looked at by the parameter matrix 1100 whenever / use]. For example, the amount of the link 652 used used as the path from a node 5 to a node 2 is 28. Generalization specifies [whenever / use / relevant to the link to Node j] a parameter with a parameter from Node i whenever [use / which is in Line i and Train j of the parameter matrix 1100 whenever / use]. As an example which applies an approach 900 to another use scale, in case the sequence visited at step 903 is determined, a parameter may be referred to [whenever / use / whenever / use / of the parameter vector 800 / whenever / use / not a parameter but] whenever [link use / of the parameter matrix 1100]. That is, a parameter may be referred to [whenever / use / which determines the order which visits the node of the same depth] as a parameter whenever [relevant to the link which points out the approved child / use]. If a parameter costs whenever [link use / which is shown in the parameter matrix 1100 whenever / use] for the model of whenever [use / of the hyperlink in the website which consists of 9 pages], this

example is connected with whenever [use / of a hyperlink] rather than whenever [use / of each web pages of other].

[0049] Drawing 12 shows the tree structure 1200 generated from the graph structure 600 generalized using the parameter matrix 1100 whenever [use] by the approach 900 by this invention. In the tree structure 1200 of drawing 12 , a user chooses a node 2 as a root node, and recognizes nodes 1, 3, and 5 as a child of the root node 2, and the node 3 of the depth 1 is visited first. A parameter is 74 whenever [corresponding to the link 623 from a node 2 to a node 3 / use], and this is [whenever / use / of a link 621] because it is larger than a parameter whenever [parameter and use / of a link 625]. When a node 3 is visited, the node 6 is recognized as the child and the node 1 is visited in the depth 1. A node 1 recognizes a node 4 as the child, and then the node 5 of the depth 1 is visited. A node 5 recognizes a node 8 as the child, and the node 8 is first visited in the depth 2. A parameter is [whenever / use / relevant to a link 658 in this / whenever / use / of a link 636] because it is larger than a parameter whenever [parameter and use / of a link 614]. Thus, when a node 8 is visited, nodes 7 and 9 are recognized.

[0050] By the approach by this invention, a parameter may be used for determining the sequence to visit whenever [use / what kind of]. For example, although the width-of-face priority round algorithm of the node base and a link base was indicated, there are no requirements that the approach by this invention must use a parameter or this specific width-of-face priority algorithm whenever [these specific use]. For example, you may make it derive [whenever / use / relevant to each node / whenever / node (as / show / in the parameter vector 800 / whenever / use /) use / whenever / parameter, and (as / show / in the parameter matrix 1100 / whenever / use /) link use] a parameter for a parameter whenever [use] as a linear function with weight of a parameter. Furthermore, in quest of the product of a parameter, it may use [whenever / link and node use] as a parameter whenever [use], and the sequence of visiting a node at step 903 may be determined. Furthermore, as another example, the product of whenever [from a root node / link use / to a certain node] may be calculated, and although the sequence visited at step 903 is determined, you may use it as a parameter whenever [use / of the node]. Furthermore, it may not pass over the approach 900 shown in drawing 9 to an example of the width-of-face priority approach of the base whenever [use / which can be used according to this invention], but it may be replaced with this, and it may transform an approach 900 so that all the twin nodes of the node visited now may be visited ahead of the distant relative node or distant relative cousin node in the same depth.

[0051] Drawing 13 shows the depth-first approach of the base whenever [use / which generates the tree structure from the generalized graph structure by this invention]. After specifying a root node, a root node is visited at step 1301 and the child of the root node is approved at step 1302. At step 1303, by this approach, it has not visited yet among the recognized child nodes, and that whose parameter is the highest whenever [use] is visited. At step 1304, it judges whether the child who has not recognized yet is in the node visited now by this approach. When there is a child node which is not recognized, these child nodes are recognized by branching 1350, and it is not visited yet among the child nodes recognized at step 1303, but what has a parameter whenever [use] is visited. That is, steps 1303, 1304, and 1305 are performed until it reaches the end of a series of child nodes. If a node without the child who is not approved yet is reached, an approach 1300 will progress to step 1306 by branching 1351, and it will call on the parents of a node who have visited here now again. At step 1307, it judges whether there are some which have not been visited yet among the children approved by the node visited now by the approach 1300. If there are some which have not been visited yet by the approved child, this approach will return to step 1303 by branching 1352. However, if there is no child who has not visited yet by the approved child, an approach 1300 will progress to step 1308 by branching 1353. At step 1308, an approach 1300 confirms whether the root node is visited again. If the root node is not again visited by the approach 1300, an approach 1300 calls on the parents of a node who have visited to step 1306 return and now again by branching 1354. If it is judged that the root node is again visited by the approach 1300 at step 1308, an approach 1300 will be ended at step 1309 by branching 1355.

[0052] That is, whenever [by this invention / use], as long as there are a series of linked nodes, the depth-first approach 1300 of the base visits this, until it reaches a leaf node. When an approach 1300 reaches a leaf node, it is made for an approach 1300 to have other children of the parents of return and its leaf node visited by step 1306 to the parents of a leaf node. Before essentially calling on the visited twin of a node, the whole descendant's subtree is recognized and visited.

[0053] Drawing 14 shows the tree structure 1400 generated from the tree structure 600 generalized whenever [use / of drawing 8] by the depth-first approach 1300 by this invention using the parameter vector 800. A node 1 is a root node of the tree structure 1400. Nodes 2 and 4 are recognized as a child of a node 1, and whenever [use / of a node 4], since it is higher than a parameter, a node 2 is visited [whenever / use / of a node 2] for the direction of a parameter ahead of a node 4. When a node

2 is visited, nodes 3 and 5 are recognized as the child. Next, whenever [use / of a node 3], since it is higher than a parameter, a node 5 is visited [whenever / use / of a node 5] for the direction of a parameter. When a node 5 is visited, nodes 6 and 8 are recognized as the child. Next, whenever [use / of a node 8], since it is higher than a parameter, a node 6 is visited [whenever / use / of a node 6] for the direction of a parameter. When a node 6 is visited, a node 9 is recognized as the child and visited. It is judged that there is already nothing that has not been visited yet among the children it is judged by step 1304 that there is no child approved by the node 9, and it is directed that visit a node 6 again at step 1306, and by whom a node 6 is recognized by step 1307 when a node 9 is visited. Therefore, an approach progresses to step 1308 by branching 1353, and it is judged that a node 6 is not a root node. By branching 1354, as for an approach, the parents of return and a node 6 are visited again to step 1306. At this time in an approach 1300, the node 5 is visited again. It is judged that there is a thing 8 which is not visited yet by step 1307 by the child by whom the node 5 was recognized, i.e., a node. Therefore, as for an approach 1300, return and a node 8 are visited by branching 1352 to step 1303. When the node 8 is visited, a node 7 is recognized as the child. When the node 7 is visited, it is directed that it is judged that there is no child who can recognize a node 7 by step 1304, therefore a node 8 is again visited by step 1306. Through steps 1307 and 1308, again, an approach returns to a node 5 and an approach returns to a node 2 by another loop formation of return and steps 1307 and 1308 with step 1306. Next, after a node 3 is visited, a node 2 is visited again and the root node 1 is visited again after that. If visiting the root node 1 again by step 1306 is directed, it will be judged that there is a thing 4 which is not visited yet by step 1307 by the child by whom the root node 1 was recognized, i.e., a node. Therefore, as for an approach, return and a node 4 are visited by branching 1352 to step 1303. However, it is judged that there is no child who can recognize a node 4 by step 1304, therefore, as for an approach, return and a root node are again visited by branching 1351 to step 1306. At this time, it is judged that all the children by whom the root node was recognized were visited by step 1307, therefore an approach progresses to step 1308 by branching 1353, it is judged that the root node is again visited by the approach 1300, and an approach is ended very much to step 1309 by branching 1355.

[0054] As mentioned above about the width-of-face priority approach 900 of the base whenever [use], various deformation is [whenever / use / which is used for the decision of the sequence of visiting the child node in the depth-first approach 1300 by this invention] possible for a parameter. That is, in case the approach 1300 of drawing 13 is used, a parameter may be used [whenever / path use / which is expressed with

the function of each link from a root node in a given node / whenever / node use] whenever [primary / of whenever / link and node use / or nonlinear function, and link use], or, whenever [use / of everything but versatility]. Furthermore, it is also possible to carry out by this invention what transformed slightly the width-of-face priority approach 1300 of the base whenever [use].

[0055] Drawing 15 shows the mode which arranges the display of the tree structure to radial focusing on a parent node 1501. Nodes 1510, 1520, 1530, 1540, 1560, 1570, 1580, and 1590 are the children of a parent node 1501. For convenience, the reference number is attached so that it may relate to a parameter simply whenever [use / of a twin node]. For example, a node 1590 has [whenever / use] a parameter higher than a node 1580, and the low node which is whenever [use] most is a node 1510. In drawing 15, the highest nodes of whenever [use] are mutually detached more the optimal at the sacrifice of the low node of whenever [use]. Therefore, a node 1590 (node with whenever [use / highest]) separates from a node 1580 (node with whenever [use / second highest]) 180 degrees, and is arranged. The nodes 1590, 1580, 1570, and 1560 whenever [use / whose] are four [highest] are arranged so that four include angles of 90 degrees may be formed, and the lowest node of whenever [use] is arranged so that the include angle formed of the adjoining node whenever [total use / whose] is two [highest] may be equally divided into two.

[0056] At this time, in case a twin node is sorted with a parameter whenever [that use], it is useful to take that rank into consideration. The rank of a node 1590 is 1 and the rank of a node 1510 is 8. If the node of the high one half of whenever [of the twin nodes / use] is arranged, the low twin node of whenever [use / which is the remaining one half] may be arranged so that the lowest node of whenever [use] may bisect the include angle which two adjoining twin nodes with the lowest sum total of the rank form and it may be arranged. For example, the sum total rank of a node 1590 (rank 1) and a node 1570 (rank 3) is 4, and a rank is the smallest among the right angles in which this is formed of the high node of whenever [four use] (that is, whenever [use] is the highest). Therefore, the lowest node 1510 of whenever [use] is arranged so that nodes 1590 and 1570 may be carried out for 2 minutes. Next, the node 1520 which is a low node of whenever [use] counters the lowest node of whenever [use], and is arranged, and the remaining nodes of the nodes of the low one half of whenever [use] are also arranged so that the include angle similarly formed of the node which is a twin node of the high one half of whenever [use] may be carried out for 2 minutes. Although the base is displayed whenever [this use], various approaches can be considered by this invention. For example, these may be plotted so

that the twin node of the high one half of whenever [allocation and use] may be separated from each other by each twin node the optimal based on whenever [use] based on the total of a twin node in the include-angle tooth space of a constant rate, and the twin node of the low one half of whenever [use] may be arranged so that the include angle formed of the node of the high one half of whenever [use] as mentioned above may be bisected. In this case, it may be made to carry out the include-angle tooth space between the adjoining nodes already arranged whenever it has always arranged the highest nodes of whenever [use] from each other to the place of 180 degrees, and it arranged a new node, even when the number of twin nodes was not the exponentiation of 2 exactly for 2 minutes.

[0057] The option by this invention for displaying these on drawing 16 opting for arrangement of the twin node group centering on the parent node 1501 whenever [use] using a parameter is shown. By this approach, the include angle made into the include angle which arranges the highest node of whenever [use] is specified. The include angle of a circle and 360 degrees are divided by the total of a twin node. The highest node of whenever [use] is arranged at the specified include angle, and the remaining nodes adjoin and are arranged at the high node of whenever [use] at the degree. That is, whenever [use] is arranged at the include angle as which the highest node was specified, the 2nd high node of whenever [use] is arranged next to the node of the highest [whenever / use], and it arranges to the low node of whenever [use] most in condition that the 3rd high node of whenever [use] is arranged next to [the] a node with whenever [use / 2nd highest]. Therefore, include-angle-arrangement of each node is simply connected with the layout include angle to the parents.

[0058] Drawing 17 shows the generalized graph structure 1700 which consists of a node 1701-1723 of 23. By choosing a node 1701 as a root node and performing the width-of-face priority round of the generalized tree structure 1700, a link 1750-1762 is eliminated so that a cycle may be eliminated, and the tree structure is formed.

[0059] Drawing 18 shows how to display the tree structure using a rank whenever [by this invention / use]. At step 1801, each twin node is ranked about each twin group of the tree structure according to a parameter whenever [use]. At step 1802, the tree structure is arranged based on the rank of all the twin groups within the tree structure.

[0060] Drawing 19 displays the tree of the cone form where the tree structure acquired from the generalized graph structure 1700 which is shown in drawing 17 was crushed. The point of expressing the node of the generalized graph structure 1700 is shown by the reference number corresponding to the reference number of the node of

drawing 17 . For example, a node 1723 is shown in respect of [1923] display 1900. Thus, the point of expressing the node referred to is acquired by adding 200 to the reference number of drawing 17 . In drawing 17 , a parameter has a relation contrary to a reference number whenever [relevant to various nodes / use]. For example, whenever [use / of a node 1702] is the highest in the group of the twin node 1702–1705, and, as for a node 1705, whenever [use] is the lowest. That is, a reference number can be seen as a rank of a parameter whenever [about the twin / use]. In drawing 19 , the root node 1901 is arranged at the core and the child nodes 1902, 1903, 1904, and 1905 are arranged by the approach of separating the optimal mentioned above about drawing 15 . Similarly, the node 1906–1913 which are eight child nodes of a node 1902 is arranged by radial from the parent node 1902 which exists at the core in the mode mentioned above about drawing 15 . Similarly, the node 1919–1922 which is a child node of a node 1906 is also arranged so that the separation optimal in the mode mentioned above about drawing 15 may be taken. The node 1914–1917 which is a child node of a node 1903 is arranged so that the node 1914 whose rank is the highest and also whenever [use / whose] is the highest may separate from a core 1901 as much as possible, and the twin is also stationed as mentioned above. At a point 1918, a child node 1904 separates from a core 1901 as much as possible, and is arranged. The child (node 1923) of a point 1918 is stationed as distantly [node / 1904] as possible. Although it is desirable that whenever [in which twin group / use] is generally arranged at the include angle from the grandfather node also with the highest, furthest possible node, there are not necessarily requirements by this invention that that must be right. A twin node is connected with the adjoining twin node by the translucent line, and it may be made to clarify the twin relation further. The reference number is not attached although the translucent line of this option is shown in drawing 19 .

[0061] In drawing 19 , all twin nodes are arranged from the common parents at the distance of a fixed radius. In the example shown in drawing 19 , whenever the depth of this radius of a node increases in the tree structure, it decreases to $1/2$. However, the radius of the twin node from the parents must not necessarily be connected with the depth in this way. In the display 1900 shown in drawing 19 , the layout include angle of each child node is measured from the parents.

[0062] Drawing 20 shows the circular tree display of the tree structure generated from the graph structure 1700 by which drawing 17 was generalized. In drawing 20 , the node of the highest [whenever / use] is arranged at the perpendicular nearest include angle. For example, a node 2002 is a high node of whenever [use] at a degree

[in / in the depth 1, whenever / use / is the highest node, and / in a node 2003 / the depth 1], and a node 2005 is a node with whenever [use / lowest] among the depth 1. Thus, it begins from a perpendicular, and by arranging after the periphery top of each depth clockwise, a user can see the node of the depth in order of whenever [use], and will look at a node with whenever [use / highest] first. Whenever [use / of a node 2006] is the highest among the twin nodes 2006–2013, and whenever [use / of a node 2013] is the lowest. As explained with reference to drawing 5 , in the layout of drawing 20 , the include-angle tooth space of a constant rate is assigned to each leaf node. With the layout of drawing 20 , the layout include angle of each child node is measured from the core of the layout of the tree structure. Therefore, the layout include angle of each node is measured as an include angle formed of the radius extended from a core 2001 to the node, and the radius (it passes along the point 2019 of drawing 19) perpendicularly extended from a core 2001.

[0063] Although the display 1900 of the tree of the crushed cone form is using the layout technique of taking the optimal separation explained with reference to drawing 15 and the circular tree expression 2000 is arranged using the simple relation between a rank and a layout include angle, the requirements by this invention that this relation is indispensable are not necessarily between arrangement of twin and the type of a display algorithm. For example, in the tree expression of the crushed cone form, although illustration is not carried out, a twin node may be arranged so that it may be determined by the approach that simple relation is realized, between the layout include angles and twin nodes which were explained in relation to drawing 16 . The twin node arranging method for similarly taking the optimal separation explained about drawing 15 by circular tree display may be used.

[0064] The time tube by this invention is a kind of the visualization which enables specification of quick access and its interesting modification to the data which accomplish various deformation. A time tube exists in the workspace of a three dimension, and is formed by aligning a two-dimensional circular slice (for example, circular tree) at the expression of a cylindrical shape like a log in piles. each of a circular tree is the vision expression of the data in a deformation (for example, clustering — time) phase. By the visualization obtained as a result, when a user is another from a certain point in time, he can grasp how data were transformed. With the expression of this more advanced level, in a data set, an interesting field can be pinpointed and a user can dissociate while he performs various actuation (for example, rotation, a picking, brushing, etc.) and a navigation technique (for example, modification and the zoom of a view) and understands complicated deformation of a

big data set. A time tube gives new visualization, a layout algorithm, and the framework that shows the example of interaction again.

[0065] The time tube by this invention copes with the problem how aging in use and structure of the assembly of a big document is shown. The two-dimensional annular tree (or other layouts) in various times is calculated. A tree is arranged using all the existing nodes. A node and a link are colored and you may make it addition, deletion, and use shown. According to this invention, various deformation is possible. This invention can be used and the event of the Internet, such as change in use of the site of Xerox after filing 10-K of Xerox Corp., can also be interpreted.

[0066] A circular tree may be used and the 3rd dimension may be used for expressing time amount. In visualization of a time tube, many circular trees are arranged in accordance with a space shaft. By using a space shaft for expressing time amount, it promotes information-space-time amount being seen by single visualization and understanding it simply in the whole information-space-time amount space. Since the conventional display monitor 104 is a two-dimensional indicating equipment, it must project three-dimensional display structure on this two-dimensional display 104. Therefore, although the 3rd dimension is projected by the first two dimensions, this projection does not make the force of the three-dimensional structure an invalid. It could prove simply that the contents of the three dimension currently displayed although a movie is projected by the two-dimensional screen on many of these readers can be understood and appreciated easily.

[0067] The slice in the information-space-time amount of the time tube by this invention is not necessarily arranged in parallel mutually in fact. Each slice rotates and enables it to occupy the same screen area as other slices. In perspective, if each slice is mutually parallel, the space which occupies a central slice rather than the slice of a flank will become small. Furthermore, the front face of the slice in the left-hand side of the frustum currently seen and the rear face of the slice in the right-hand side will be seen. By carrying out the monitor of whenever [interest / at the time of looking] carefully, a certain slice can be emphasized by the system, or others can be weakened, and the effectiveness of the contents of focal + can be acquired. If it is made to rotate toward those who look at a circular tree, mapping of the variable of such a large number will become easy. As for distortion and the difficulty of reading of depth perception, by making a circular tree two-dimensional in the world of a three dimension, the flexibility of mapping of a certain thing becomes still larger.

[0068] A layout which is different to each of a circular tree is not given, but the layout together put to all trees is generated. Taking into consideration the whole sentence

document which had existed in the whole time amount range of a time tube, by calculating the layout of a single circular tree, a slice template is generated and this is used in all the slices of a circular tree.

[0069] The modification of another interesting time tube is piling up a circular tree in a time tube, and flying the inside of a tube, or throwing a circular tree from a degree to a degree in order of time amount similarly, and forming the animation of change. That is, time amount is not mapped to space but time amount is only mapped by time amount. Since a circular tree may become large, this approach is more compact and is involved in the motion ability to detect of human being's consciousness system. Although capacity to perform the comparison in the time of differing is made into a sacrifice, detection of change and the interpretation of a series of change are raised.

[0070] The time tube by this invention consists of each two-dimensional visualization objects (slice) of a series of which aligned in the cylinder (cylindrical shape). In case it deforms into another condition from a certain condition, the deformation (for example, the addition of a new entity, modification of the value of the existing entity, distortion of physical size) performed to a series of data is visualized. A time tube may accomplish deformation of one or more from a certain condition to another condition. Deformation uses the die length of a cylindrical shape tube, and the two-dimensional expression or slice of data in various deformation phases is arranged at the whole die length of a tube. A time tube can encode some dimensions of deformation at once by changing expressional size, a color, and a layout. As an example of the deformation which can visualize a time tube (1) A time thing (if it says about a website tool for analysis, it will be added and changed and a web page will be deleted as time amount passes), thing of (2) value base (if it says about a website tool for analysis) (3) from which that corresponding color will also change if the rate of a visit of a page changes, since frequency is encoded by the color -- although a spatial thing (it reduces or an entity can expand it, although a website tool for analysis does not use this function) etc. is mentioned, it is not necessarily restricted to this.

[0071] This invention can show the process what clustering of the data is carried out, and which element settles in which cluster. The function to perform both these tasks to coincidence visually is quite convenient. Furthermore, it overlaps according to size, a color, and a layout, the various fields of clustering can be encoded, and it becomes easy to specify the inclination and pattern in data.

[0072] Some actuation is attained with the time tube by this invention. Since a time tube has the shape of a log of a cylindrical shape, it can rotate this in accordance with the shaft, and can move data near a user's view. A user chooses one entity and

emphasizes the entity which corresponds in each slice again.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing a suitable general purpose computer to perform the approach of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing the generalized graph structure.

[Drawing 3] It is drawing showing the tree structure generated from the graph structure by which drawing 2 was generalized.

[Drawing 4] It is another drawing of the tree structure of drawing 3 showing the depth of each node.

[Drawing 5] It is drawing showing the circular tree expression of the tree structure of drawing 3 and drawing 4 .

[Drawing 6] It is drawing of the generalized graph structure which has nine nodes and contains many cycles, and is drawing used for explaining the tree structure generation method of the base whenever [by this invention / various use].

[Drawing 7] It is drawing showing the topology matrix corresponding to the graph structure by which drawing 6 was generalized.

[Drawing 8] It is drawing showing a parameter vector whenever [about the node of the graph structure by which drawing 6 was generalized / use].

[Drawing 9] It is drawing showing the width-of-face priority approach for generating the tree structure from the generalized graph structure by this invention.

[Drawing 10] It is drawing of the tree structure generated from the graph structure by

which drawing 6 was generalized by the width-of-face priority approach of drawing 9 using the parameter vector whenever [node use / of drawing 8].

[Drawing 11] It is drawing of a parameter matrix whenever [about the link of the graph structure where drawing 6 was generalized / use].

[Drawing 12] It is drawing of the tree structure generated from the graph structure by which drawing 6 was generalized by the width-of-face priority approach of drawing 9 using the parameter matrix whenever [link use / of drawing 11].

[Drawing 13] It is drawing showing the depth-first approach for generating the tree structure from the generalized graph structure by this invention.

[Drawing 14] It is drawing of the tree structure generated from the graph structure by which drawing 6 was generalized by the depth-first approach of drawing 13 using the parameter vector whenever [node use / of drawing 8].

[Drawing 15] It is drawing of the node arrangement by this invention for displaying a twin node to the parents, and is drawing showing that the twin nodes of the highest rank as which the layout include angle was ranked with the parameter whenever [use] are separated the optimal.

[Drawing 16] It is drawing of the node arrangement by this invention for displaying a twin node to the parents, and the layout include angle is drawing showing increasing simply with the rank ranked with the parameter whenever [use].

[Drawing 17] It is drawing showing generalized another graph structure.

[Drawing 18] It is drawing showing how to display the tree structure based on whenever [by this invention / use].

[Drawing 19] It is drawing showing the tree expression of the cone form where the graph structure by which drawing 17 displayed by the approach by this invention was generalized was crushed.

[Drawing 20] It is drawing showing the circular tree expression of the graph structure with which drawing 17 displayed by the approach by this invention was generalized.

[Drawing 21] It is drawing showing how to display a series of related graphs in the time tube by this invention.

[Drawing 22] It is drawing showing a series of suitable related graphs to display as a series of flat-surface slices in the time tube by this invention.

[Drawing 23] It is drawing showing the flat-surface template for opting for the node arrangement in the expressional flat-surface slice of the time tube of a series of related graphs by this invention.

[Drawing 24] It is drawing showing a series of flat-surface slices in the time tube showing the changing tree structure which is displayed by the approach by this

invention.

[Drawing 25] It is drawing showing a series of flat-surface slices in a time tube, and when a time-axis is interpreted as moving to the right from the left, while the addition of a new node and contraction of space are shown, when a time-axis is interpreted as moving to the left from the right, it is drawing showing crust-izing of a node, and expansion of space.

[Drawing 26] It is drawing showing the activation level of the web page in the activated diffusion algorithm displayed with the conventional mathematics package.

[Drawing 27] It is drawing showing the approach for receiving an activation input interactively in the activated diffusion algorithm by this invention, and displaying the result.

[Drawing 28] It is drawing showing the display of the activated diffusion result by the approach of drawing 26 , and assignment of a new activation input.

[Drawing 29] It is drawing showing the approach of this invention for displaying an activated diffusion process in a series of flat-surface slices of a time tube.

[Drawing 30] It is drawing showing the display of the activated diffusion process in a series of flat-surface slices of the time tube generated by the approach of drawing 28 of this invention.

[Description of Notations]

102 A microprocessor, 103 A hard disk, 104 A display monitor, 105 A cursor controller, 106 A keyboard, 109 A graphics coprocessor, 110 Modem.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-327993

(43) 公開日 平成11年(1999)11月30日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 6 F 12/00
17/30

識別記号

5 4 6

F I

G 0 6 F 12/00
15/403
15/419

5 4 6 B

3 7 0 Z

3 1 0

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願平11-110940

(22) 出願日 平成11年(1999) 4月19日

(31) 優先権主張番号 0 9 / 0 6 2 , 3 4 1

(32) 優先日 1998年 4月17日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 590000798

ゼロックス コーポレーション

XEROX CORPORATION

アメリカ合衆国 06904-1600 コネティ

カット州・スタンフォード・ロング リッ

チ ロード・800

(72) 発明者 エド エイチ チー

アメリカ合衆国 ミネソタ州 ミネアポリ

ス ショアビュー アベニュー サウス

5241

(74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外 2 名)

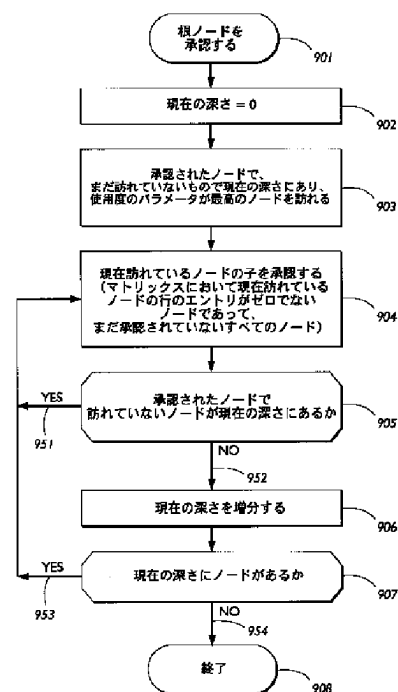
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 一般化されたグラフ構造の使用度ベースの巡回および表示方法、装置並びに媒体

(57) 【要約】

【課題】 一般化されたグラフ構造の木構造表現を生成、表示する方法を提供する。

【解決手段】 一般化されたグラフ構造から木構造を生成するのに使用度パラメータが参照される。使用度パラメータの例として、頻度、新しさ、アクセスの間隔、経路情報等がある。グラフの幅優先または深さ優先巡回において、各ノードまたはリンクと関連する使用度パラメータを参照する。各ノードと関連する使用度パラメータは、それを訪ねる順序を決定するために参照される。訪ねる順序は、使用度が最も高いノードまたはリンクを最初に訪ねることで決定される (S 9 0 3)。木構造表示方法においては、使用度パラメータを参照して木構造のレイアウトにおけるノードの配置を決定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一般化されたグラフ構造から木構造を生成する方法であって、

(a) 前記一般化されたグラフ構造内の使用度パラメータが最高であると承認されたノードを訪ねるステップと、

(b) 前記承認されたノードのまだ承認されていない子すべてを承認するステップと、
を含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の方法であって、前記ステップ (a) が

(c) 前記一般化されたグラフ構造内の承認されたノードであって、根ノードから現在の深さにあって使用度パラメータが最高であり、かつまだ訪ねられていないノードを訪ねるステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 3】 木構造を表示する方法であって、

(a) 木構造の兄弟ノードの各群について、各ノードと関連する使用度パラメータに従って前記兄弟ノードをランク付けするステップと、

(b) 前記兄弟ノードのランク付けに従って兄弟ノードの各群を配置するステップと、
を含むことを特徴とする方法。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の方法であって、前記ステップ (b) が、

(c) 根ノードが前記木構造のレイアウトの中央に配置され、前記木構造の子ノードの各々がそのランクの関数であるレイアウト角度で半径方向に外向きに配置されるように、前記木構造をレイアウトするステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 5】 請求項 3 に記載の方法であって、各ノードの使用度パラメータが、当該ノードの使用尺度であることを特徴とする方法。

【請求項 6】 請求項 3 に記載の方法であって、各ノードの使用度パラメータが、その親ノードから当該ノードへのリンクの使用尺度であることを特徴とする方法。

【請求項 7】 コンピュータ読み出し可能記憶媒体であって、

前記コンピュータ読み出し可能記憶媒体上で実現され、一般化されたグラフ構造から木構造を生成する方法を実行するようにコンピュータをプログラムするコンピュータ読み出し可能プログラムコードを含み、前記方法が、

(a) 前記一般化されたグラフ構造内の使用度パラメータが最高であると承認されたノードを訪ねるステップと、

(b) 前記承認されたノードのまだ承認されていない子すべてを承認するステップと、
を含むことを特徴とするコンピュータ読み出し可能記憶媒体。

【請求項 8】 請求項 7 に記載のコンピュータ読み出し可能プログラムコードを含むコンピュータ読み出し可能

記憶媒体であって、前記ステップ (a) が

(c) 前記一般化されたグラフ構造内の承認されたノードであって、根ノードから現在の深さにあって使用度パラメータが最高であり、かつまだ訪ねられていないノードを訪ねるステップを含むことを特徴とするコンピュータ読み出し可能記憶媒体。

【請求項 9】 コンピュータ読み出し可能記憶媒体であって、

木構造を表示するための方法を実行するようにコンピュータをプログラムするコンピュータ読み出し可能プログラムコードを含み、前記方法が、

(a) 木構造の兄弟ノードの各群について、各ノードと関連する使用度パラメータに従って前記兄弟ノードをランク付けするステップと、

(b) 前記兄弟ノードのランク付けに従って兄弟ノードの各群を配置するステップと、
を含むことを特徴とするコンピュータ読み出し可能記憶媒体。

【請求項 10】 請求項 9 に記載のコンピュータ読み出し可能プログラムコードを含むコンピュータ読み出し可能記憶媒体であって、前記ステップ (b) が、

(c) 根ノードが前記木構造のレイアウトの中央に配置され、前記木構造の子ノードの各々がそのランクの関数であるレイアウト角度で半径方向に外向きに配置されるように、前記木構造をレイアウトするステップを含むことを特徴とするコンピュータ読み出し可能記憶媒体。

【請求項 11】 請求項 9 に記載のコンピュータ読み出し可能プログラムコードを含むコンピュータ読み出し可能記憶媒体であって、各ノードの使用度パラメータが当該ノードの使用尺度であることを特徴とするコンピュータ読み出し可能記憶媒体。

【請求項 12】 請求項 9 に記載のコンピュータ読み出し可能プログラムコードを含むコンピュータ読み出し可能記憶媒体であって、各ノードの使用度パラメータが、その親ノードから当該ノードへのリンクの使用尺度であることを特徴とするコンピュータ読み出し可能記憶媒体。

【請求項 13】 一般化されたグラフ構造から木構造を生成するための装置であって、
プロセッサと、

前記プロセッサに結合され、前記一般化されたグラフ構造から木構造を生成するための方法を実行するように前記装置をプログラムするためのプロセッサ読み出し可能プログラムコードを備えるプロセッサ読み出し可能記憶媒体と、

を備え、前記方法が、

(a) 前記一般化されたグラフ構造内の使用度パラメータが最高であると承認されたノードを訪ねるステップと、

(b) 前記承認されたノードのまだ承認されていない子

すべてを承認するステップと、
を含むことを特徴とする装置。

【請求項 14】 木構造を表示するための装置であって、
プロセッサと、
前記プロセッサに結合される表示装置と、
前記プロセッサに結合されて、前記木構造を表示するための方法を実行するように前記装置をプログラムするプロセッサ読み出し可能プログラムコードを備えるプロセッサ読み出し可能記憶媒体と、
を備え、前記方法が、
(a) 前記木構造の兄弟ノードの各群について、各ノードと関連する使用度パラメータに従って前記兄弟ノードをランク付けするステップと、
(b) 前記兄弟ノードのランク付けに従って、前記兄弟ノードの各群を配置するステップと、
を含むことを特徴とする装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般化されたグラフ構造の表示の分野に関し、特に、一般化されたグラフ構造を表示するための木構造表現の生成およびその表示に関する。本発明は、ワールドワイドウェブのサイトのように大きな有向グラフのレイアウトの問題を解決し、重要な関係を表すようにするものである。

【0002】

【従来の技術】ワールドワイドウェブ(web)は、20世紀に一般社会にもたらされた情報アクセス機構のうち、おそらく最も重要なものであろう。顧客や投資家となる可能性のある人々に情報を提供するものとしてインターネットに頼る組織が多くなるにつれ、従業員やビジネスパートナーが後に検索するのに備えて大量のデータを提供、編成する上での可能性も実感することだろう。企業のウェブサイトは、急速に、最も重要なビジネスの投資対象となってきた。

【0003】一般に、ウェブサイトは情報リポジトリとして多く使用される。その企業の従業員がそのウェブサイトをもどのように使用しているかを観察して得られるウェブサイト使用パターンにより、その企業の活動をよりよく理解できる。例えば、営業部門がどのような製品の広告をダウンロードしているかを観察することが、販売を予測する一つの方法となることも考えられる。つまり、従来の市場分析をこの情報資源にも適用することができるのである。

【0004】アナリストは、単にウェブページがどのように使用されているかだけでなく、それがどのようなコンテキストにあるか、例えばそのリンク構造やウェブページの内容にも興味を示している。ウェブサイトは、そのリンク構造や、そのページの内容、使用度に見られるようなトポロジーの変化が頻繁に起こるため、ダイナミ

ックな構造である。アナリストは、その発展するウェブサイト进行分析したいと願っているのである。

【0005】ユーザのアクセスパターンやウェブページの内容同士の関係を知り、理解するとともに、ウェブサイトのトポロジーを効率的に構築したいというアナリストの希望が高まっているため、ウェブサイトの分析過程において有用な視覚化ツール群が必要とされている。

【0006】大きく、かつ複雑な一般化グラフ構造を表示するのは、簡単なことではない。一般化されたグラフ構造の木構造表現を生成しようとする従来のアプローチとして、深さ優先(縦型)探索と幅優先(横型)探索があり、これらは一般化されたグラフ構造のトポロジーに基づいて階層を形成することでこの問題を解決しようとするものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ウェブサイトの管理者および設計者は、ウェブサイトの使用度パラメータとそのリンクトポロジーの関係を知る必要がある。ウェブサイトは時間とともにダイナミックに変化するため、トポロジーの変化がその使用にどのような影響を与えるかを知る必要がある。従来のウェブサイト表示方法の中には、視覚化の際に使用情報を符号化するものもあるが、従来の方法には一般化されたグラフ構造から表示すべき構造を生成する際に使用情報を参照するものがない。さらに、従来のシステムには、表示される構造におけるノードの配置をノードの使用に基づいて変更するものは存在しない。

【0008】

【課題を解決するための手段】複雑な一般化されたグラフ構造を理解するための従来の技術は、一般化されたグラフ構造を構成するリンクおよびノードの表現を表示することである。ワールドワイドウェブの見方の一つは、ウェブページがノード、ハイパーリンクがノード間のリンクを表す一般化されたグラフ構造として見ることである。ノード間のリンクが多数あることからわかるように一般化されたグラフ構造は複雑であるため、一般化されたグラフ構造のリンクの中には通常表現されないものもあり、見る者またはユーザがその表現を認知的に有効に処理できるようにしている。本発明の一目的は、かかる表現を表示するためにこれを生成する方法がより重要なリンクを含むことを確実にすることである。本発明の別の目的は、かかる表現を表示する方法がその重要度に従ってノードまたはリンクを位置付けることを確実にすることである。これにより、見る者またはユーザは表示された表現におけるその位置に基づいてノードまたはリンクの重要度を理解することができる。本発明によると、表示に使用される一般化されたグラフ構造の表現は木構造である。

【0009】本発明の一局面によると、一般化されたグラフ構造から木構造を生成するのに使用度パラメータが

参照される。この局面は種々のタイプの使用度パラメータに応用できるとともに、木構造を生成する種々の方法に応用できる。例えば、頻度、新しさ、アクセスの間隔、経路情報は、それぞれ本発明によって参照しても良い使用度パラメータの一種である。

【0010】使用度パラメータを参照して一般化されたグラフ構造から木構造を生成する一例は、各ノードまたはリンクと関連する使用度パラメータを参照するグラフの幅優先巡回法である。各ノードと関連する使用度パラメータは、グラフ巡回法で訪ねる順序を決定するために参照される。訪ねる順序は、使用度が最も高いノードを最初に訪ねることで決定される。つまり、子ノードは、使用度パラメータの高い順に訪ねられる。つまり、人気のあるウェブページは人気のより低いものよりも優先される。子ノードは、それに対してハイパーリンクを有するが人気のより低い兄弟ノードではなく、より人気のあるウェブページによって承認(claim)される。または、最も使用度の高いリンクを有するノードを訪ねることで訪ねる順序が決定される。一般化されたグラフ構造から木構造を生成する別の例として、グラフの深さ優先巡回法で使用度パラメータを参照することが挙げられる。

【0011】本発明の別の局面によると、木構造表示方法において使用度パラメータを参照して木構造のレイアウトにおけるノードの配置を決定する。この局面の好適な実施形態では、根ノードがレイアウトの中央に配置される。

【0012】この局面の好適な実施形態の一例では、兄弟ノードがその親から半径方向に伸びるリンク上に広がる。したがって、この例ではつぶれた円錐形の木レイアウトが含まれる。このつぶれた円錐形の木レイアウトでは、使用度の最も高い兄弟ノード同士が互いから最も離れた所に配置されて、その拡大する空間を最も広くとれるように最適に分離される。次に、使用頻度の最も低いノードがその使用度の高いノード間の残りの空間に配置される。この方法では、その親の周りに使用度の値に基づいて互いから最も離れた所にノードが配置されつづける。

【0013】この局面の好適な実施形態の別の例では、兄弟ノードは根ノードから同じ半径に配置される。よって、この例は円形木のレイアウトを含む。この円形木の例では、その階層の各葉ノードに同じ角度スペースが割当てられても良い。各ノードのレイアウト角度は、その兄弟ノードに対してのそのノードの使用度パラメータのランクの関数であっても良い。したがって、兄弟ノードはレイアウト角度および使用度パラメータが単に関連した順序でレイアウトされ、使用度の最も高いノード同士が互いに近く配置され、使用度の最も低いノード同士が互いに近く配置される。

【0014】さらに、上記の代わりに、ニーズの可能性、共通の引用のクラスタ化、ノードおよびリンク使用度の両方の関数等の導出された使用度パラメータを本発

明に従って用いることも可能である。

【0015】本発明のこれらのおよび他の特徴および利点は、発明の実施の形態で十分に説明される図面より明らかになるであろう。

【0016】

【発明の実施の形態】ここで図面をより詳細に説明する。図面において、同一の参照番号は同一の要素を示すが、本発明を明瞭に説明するため、異なる図面には同様の部分に異なる参照番号が付されることがある。

【0017】ワールドワイドウェブは、複雑で大きな有向グラフである。一般的な有向グラフの視覚化は、周知の難しい問題である。事実、現在のグラフレイアウトアルゴリズムは、どれも7000ノードのグラフを十分に扱うことができない。しかし、有向グラフのサブドメインとして、ウェブサイトのリンク構造は階層的な傾向にある。つまり、ウェブサイトは木ではないものの、木表現でウェブサイトに近いものを表せることが多い。

【0018】ウェブのリンク構造を分析するに当たって、アナリストは、ある文書から別の文書への最も少ない数のホップを見つけるのに関心があることが多い。幅優先巡回は、ノードを根ノードにできるだけ近く配置することで、ウェブグラフを木に変形する。この木を得たあと、円形木視覚化技術によって構造を視覚化する。円形木は、階層を視覚化するのに円形のレイアウトを使用する。連続する各円が木におけるレベルを表す。レイアウトアルゴリズムは2つのパスで実行される。第1のパスで、アルゴリズムは後行順巡回により階層全体を巡回する。各ノードにおいて、アルゴリズムによりその部分木の葉ノードの数が計算されるため、その木の葉の数がわかる。次にアルゴリズムにより、各葉ノードに割当てべき角度スペース量が計算される(360度を葉の総数で割ったもの)。第2のパスで、アルゴリズムは幅優先巡回によって階層を巡回する。各ノードにおいて、その部分木にいくつの葉ノードが根付いているかを見ることによりそのノードに角度スペース量を割当てて。このように、各葉ノードには一定量の角度スペースが保証される。

【0019】データを視覚表現にマッピングする際に知的かつ戦略的に選択できれば、見る者がその視覚化されたものをさらによく理解することができる。円形木にはいくつかの利点がある。まず、木の構造がコンパクトに視覚化され、そのパターンが簡単にわかる。第2に、まっすぐまたはわずかに角度を付けて見ても、全体のレイアウトが2次元平面上にあるため、オクルージョンの問題がない。第3に、円錐形の木とは異なり、2次元技術であるため、第3次元を時間等の他の情報、または各ノードの3次元グリフに使用することができる。さらに、円形であるために、視覚上、美的である。

【0020】実際に視覚化自体によって好適な幅優先変形アルゴリズムの選択が確認できる。通常、トラフィッ

クの多い領域は根ノード付近に集中する。つまり、アルゴリズムにより、到達しやすいノードが根ノードを起点に配置される。文書は、根ノードから遠くなるほど、アクセスされる可能性が小さくなる。

【0021】図1は、本発明による方法を実現するのに適切な汎用コンピュータのアーキテクチャ100を示す。汎用コンピュータ100は、少なくとも、マイクロプロセッサ102と、ディスプレイモニタ104と、カーソル制御装置105とを備える。カーソル制御装置105は、マウス、ジョイスティック、一連のボタン、またはユーザーがディスプレイモニタ104上のカーソルまたはポインタの位置を制御するのを可能にする他の何らかの入力装置として実現されてもよい。汎用コンピュータ100はまた、ランダムアクセスメモリ107と、ハードディスク103と、ROMメモリ108と、キーボード106と、モデム110と、グラフィックスコプロセッサ109とを備えてもよい。汎用コンピュータ100のすべての要素を共通バス101で接続して、種々の要素間でデータをやり取りするようにしてもよい。一般に、バス101はデータ、アドレス、および制御信号を含む。図1に示される汎用コンピュータ100は、そのすべての要素を接続する単一のデータバス101を含んでいるが、汎用コンピュータ100の種々の要素を接続する単一の通信バス101がなくてはならないという要件はない。例えば、マイクロプロセッサ102と、RAM107と、ROM108と、グラフィックスコプロセッサ109とをデータバスで接続し、一方、ハードディスク103と、モデム110と、キーボード106と、ディスプレイモニタ104と、カーソル制御装置105とを第2のデータバス（図示せず）で接続してもよい。この場合、第1のデータバス101と第2のデータバス（図示せず）を双方向バスインターフェース（図示せず）で接続してもよい。または、要素のうちのいくつか、例えばマイクロプロセッサ102とグラフィックスコプロセッサ109等を第1のデータバス101と第2のデータバス（図示せず）の両方で接続して、第1のデータバスと第2のデータバス（図示せず）との間の通信をマイクロプロセッサ102とグラフィックスコプロセッサ109とを介して行うようにしてもよい。このように、本発明の方法は、図1に100で示されるような汎用コンピュータアーキテクチャにおいても実行可能であるが、本発明の方法を実行できるアーキテクチャはこのアーキテクチャのみに限定されるわけではないことは明らかである。

【0022】図2は、15のノード201-215からなる一般化されたグラフ構造200を示す。一般化されたグラフ構造200の種々のノード201-215は、216-225で示されるようなリンクによって互いに接続される。種々のノードを接続するリンクは双方向でも単方向でもありうる。本明細書およびその図面を通し

て、双方向のリンクは、いずれの端にも矢印のないリンクとして表され、単方向のリンクは一方または他方の端部に矢印のあるリンクとして表されて、その矢印が指す方向にのみリンクがあることを示す。例えば、図2のリンク217は、ノード202から203へと移動することも、ノード203から202へと移動することもできる。あるノードから別のノードへと移動するのにいくつか異なる根が存在することが明らかである。大きな一般化されたグラフ構造にはリンクが多数存在するため、そのリンクをすべて表示するのは非実用的であることが多い。したがって、一般化されたグラフ構造の視覚表現をユーザーに呈示するとき、一般化されたグラフ構造に存在する全リンクのうちのサブセットのみが表示される。表示するように選択されるリンクのサブセットは、一般化されたグラフ構造のすべてのノードからその他のすべてのノードへの経路を示さなくてはならない。この目的を達成するのに木構造が多く用いられる。

【0023】図3は、図2に示される一般化されたグラフ構造200の木構造表現300を示す。一般化されたグラフ構造200に対応する木構造300にはリンク216-225は示されていない。このようにリンク216-225が省略されているのは、これらが一般化されたグラフ構造200においてサイクルを形成するからである。木構造にはサイクルがなく、つまり、あるノードから別のノードへの経路は一つしかない。木構造表現300では、すべてのサイクルが断たれるため、あるノードから別のノードに対して経路は一つしかないのである。

【0024】図4は、図3に示される木構造表現300の別の木構造表現400を示す。木構造400では、ノード201が根ノードとされる。根ノード201の深さはゼロである。根ノード201の子はノード202、203、および204であり、これらの深さは1である。ノード202には子が1つ（ノード205）、ノード204には子が3つ（ノード206、207、および208）ある。ノード205-208の深さは2である。どのノードの深さも、根ノードに至るまでに巡回しなくてはならないリンクの数によって決定される。ノード209、210、203、214、215、207、212、および213には子がないため、これらは葉ノードである。

【0025】図5は、図4に示される木構造400の円形木表現500を示す。円形木表現500の中心点501は、木構造400の根ノード201に対応する。点501-515は各々、ノード201-215のうちのひとつを表しており、具体的には、木構造400の各ノードに関連する参照番号に300を加えることにより、木構造400の各ノードに関する円形木500における点に対応する参照番号を計算できる。すなわち、図4のノード201は円形木500のノード501として示さ

れ、ノード 202 は点 502、ノード 203 は点 503、ノード 215 は点 515 で表される。円 550 は、点 501 で表される根ノードからの深さが 1 であるノードを表すすべての点を含む。円 560 は、深さが 2 であるノードを表すすべての点を含む。円 570 は、深さが 3 であるノードを表すすべての点を含み、円 580 は、深さが 4 であるノードを表すすべての点を含む（図 5 の点は図 4 のノードを表示、表現しているため、以下、表示上のノードを表す点を指してノードということがあ
る）。円形木 500 のノードを表す各点の角度的配置は
以下のように決定される。葉ノードの総数を求め、円の
角度である 360 度をその葉ノードの総数で割る。円形
木 500 の場合、点 512、513、509、510、
503、514、515、および 507 で表される 8 つ
の葉ノードがあるため、各葉ノードは、円形木 500 に
おいてそれ専用の角度スペースを 45 度有する。親ノ
ードの角度配置は、その最も外側の葉ノードと根ノードが
形成する角度を 2 等分する角度にされる。例えば、ノ
ード 204 を表す点 504 は、最も外側の葉 214 およ
び 213 を有し、これらは円形木 500 においてそれぞ
れ点 514 および 513 に対応する。最も外側の葉の点 5
14 と、最も外側の葉の点 513 と、根ノード 501 と
により形成される角度は 180 度である。したがって、
親ノード 504 の角度はその 180 度を 2 等分する角度
である。同様に、親ノード 511 は子の点 515 およ
び 514 を有する。子の点 515 および 514 は根ノ
ード 501 とともに 45 度の角度を成し、したがって親
の点 511 はその 45 度を 2 等分する角度に配置される。

【0026】本発明によると、グラフ構造のレイアウト
は使用情報に基づいて行われる。従来のレイアウト方法
が主にトポロジまたは内容に基づくのに対し、本発明に
よる方法では、使用度に優先順位をつける（ランク付け
する）ことでさらなる情報を符号化する。これらの方法
は、グラフの視覚化に興味度の関数を与え、それにより
認知に関する負担を最小限にする。本発明の範囲はウェ
ブへの応用よりはるかに広い範囲に及ぶが、ウェブによ
って本発明による方法を例示する。

【0027】本発明は、ワールドワイドウェブに見られ
るような大きな有向グラフをレイアウトする問題に対処
し、関連のある関係が表れるようにする。本発明によ
ると、使用度ベースの巡回によって一般のグラフが木にさ
れる。巡回の順、またはレイアウトの順、またはその双
方が、単純な頻度または共通の引用の頻度等の使用度デ
ータに基づいて選択される。本発明の方法を用いると、
企業のイントラネットのビューをダイナミックに編成で
きる。

【0028】本発明によると、使用度ベースの情報に基
づいてグラフをレイアウトすることにより、グラフの視
覚化にさらなる情報が符号化される。例えば、情報の検
索において、ハイパーテキスト文書は様々な頻度でアク

セスされる（他と比較してより人気のあるものがある）。本発明によると、アイテムの人気度が、グラフのレイアウトにおいてそのアイテムが受ける優先順位を決定する一助となる。使用度データとそれをグラフの構造レイアウトに符号化することとをあわせることで、使用度およびトポロジにおける変化を同時に見ることができ
る。

【0029】ここで提案する発明の範囲はワールドワイドウェブ上の文書に限られるわけではないが、本発明の概念の基本を説明するのにウェブサイトの管理者が見るウェブを例として用いる。本発明は、メンテナンスを行うウェブの管理者が、ウェブサイトの使用パターンとそのトポロジとの関係を理解することを可能にする。

【0030】複雑なリンク構造を理解するための従来の技術として、リンクおよびノードを視覚化または表現したものを呈示することが挙げられる。ウェブの見方の一つとして、文書がノードを表し、ハイパーリンクが文書間のリンクを表すグラフとして見ることができ。リンクは数が多く複雑であるため、通常、情報のいくらかは省いたり、抜粋したりして、効果的に認知できる視覚処理を実現する。レイアウトアルゴリズムによってより重要な情報を呈示することを確実にするため、これらのアルゴリズムは興味度の関数を使用することが多い。

【0031】従来のシステムには、その使用度の特徴に基づいてアイテムのレイアウトを変更するものはない。ウェブサイトのメンテナンスを行う者およびその内容の設計者は、そのサイトの使用パターンとそのリンクトポロジとの関係を理解する必要がある。ウェブサイトはダイナミックであり時間とともに変化するため、メンテナンスを行う者はトポロジへの変化が使用にどのような影響を与えるかを理解する必要があることが多い。使用パターンからの情報を用いることにより、レイアウトアルゴリズムはサイトのトポロジを呈示し、ユーザーの経路および使用度が時間とともに（例えば、より多くのユーザーによるその構造へのアクセス、そのニーズの変化、そしてその根底にあるトポロジの発展に伴って）どのように変化するかを明らかにすることができる。

【0032】本発明による方法は、種々のレイアウトアルゴリズムについてレイアウトの決定を行うのに使用情報を利用する。これらのアルゴリズムの中には、スクリーンの空間を最大限にしようとするものや、要素間の微妙な関係を表そうとするよう機能するものもある。頻度、新しさ、アクセスの間隔、および経路情報は、すべて、本発明の方法によって参照してもよい使用情報の形態である。さらに、共通の引用のクラスト化およびニーズの可能性等の導出された使用情報を利用することもできるが、本発明はこれらの形態に限られるわけではない。

【0033】本発明によるトポロジのレイアウト方法の一つとして、根ノードと称するノードから始めて、その

10

20

30

40

50

ノードを中心に半径方向にリンクを広げるものがある。スクリーンの空間がある限り、これを補助ノードで繰り返す。ノードを最適にレイアウトするために、レイアウトアルゴリズムでは、最もよく使用されるノード同士を互いから最も離れた所に配置して、その発展スペースが最大になるようにすることが望まれる場合もある。最も使用度が低いノードは、使用度の高いノード間の残りのスペースに配置される。レイアウトにより、その使用度値に基づいて、ハブを中心として互いから最も離れた所へのノードの配置が続けられる。使用度の最も高いノードは互いから最適に離されていて、その関連する子ノードを配置するのに十分なスクリーン空間を与える。これは、使用度がより低いノードを犠牲にして行われる。

【0034】本発明による別のレイアウト方法では、使用度によりノードを順序付けて、それらを高い方から低い方へ（または低い方から高い方へ）とレイアウトして、人気度（または人気の無さ）を示す。

【0035】使用度ベースのレイアウトの一例として、本発明による改良されたグラフの幅優先巡回ではその構造における使用度を符号化する。従来の幅優先巡回ベースのレイアウトでは、根ノードの子ノードをレイアウトして、その次にそのまた子ノードをレイアウトする。従来は、巡回の際に子ノードを訪ねる順序は特定されていなかった。しかし、本発明によると、単にあるパラメータに基づいて訪ねる順序を選択することにより、さらなる情報をグラフレイアウトに符号化する。例えば、使用量に基づいてノードをソートすることで訪ねる順序が決定される（より人気のないウェブページより人気のあるページを優先する）。

【0036】本発明によって使用度パラメータを参照するように改良できる別のレイアウトアルゴリズムは、共通の祖先を持つノードが呈示される深さ優先巡回である。この場合、その近傍にあるものを考慮せず、縦のスライスを呈示する。各ステップで、アルゴリズムによりどの子を選んで探索するかを決めなくてはならない。本発明による最良の幅優先巡回と同様に、使用度が最も高い子がまず訪ねられる。

【0037】本発明に従って他の多くのレイアウトの組み合わせが可能である。例えば、あるノードから幅優先または深さ優先のトポロジの順序でグラフをたどるのではなく、ある使用度レベルのすべてのノードが根ノードとして表示される。ウェブに関していえば、この技術を用いてエントリポイントの組（サイトに入るのに使用するページ）と、それらのページからユーザーがたどる経路を視覚化できる。それらの間のスペースは、根ノード間のリンクおよび使用度に基づいて割当てられる。

【0038】使用パターンによって、ある集中した時間の間に文書構造がどのようにアクセスされているかが明らかにされるだけでなく、ある時間にわたって集められるとトポロジにおける流れも明らかにされる。これは表

現にさらに別の次元を与える。メンテナンスを行う者は、使用が時間とともに（おそらくは、ユーザーの変化または外部事象によって）どう変化するか、さらに、構造の変化が使用パターンにどう影響するかを見て取ることができる。これらのタイムスライスを比較することによって、メンテナンスを行う者は、どれだけ多くの人がその構造のどこを現在巡回しているかわかるだけでなく、変化を相関させることができる。

【0039】図6は、9つのノード1-9を有し、多くのサイクルを含む一般化されたグラフ構造であって、本発明による種々の使用度ベースの木構造生成方法を示すのに使用する構造を示す。明瞭にするために、ノード間の双方向リンクは、単方向リンクの対として表現される。例えば、ノード1はノード2に対してリンク612を有し、ノード2はノード1に対してリンク621を有する。

【0040】図7は、一般化されたグラフ構造600に対応するトポロジマトリックス700を示す。トポロジマトリックス700の行1-9はノード1-9に対応し、その列1-9もノード1-9に対応する。行*i*および列*j*のトポロジマトリックスのエントリは、ノード*i*からノード*j*に対するリンクの有無を表す。例えば、ノード6はノード3に対してリンク663を有し、ノード7はノード8に対してリンク678を有する。従って、ノード*i*からノード*j*に対してリンクがあることが、トポロジマトリックス700の行*i*、列*j*において1で表される。一般化されたグラフ構造600のノード*i*からノード*j*に対してリンクが存在しないことは、トポロジマトリックス700の行*i*、列*j*において0で表される。トポロジマトリックスは、一般化されたグラフ構造の各ノードからその他すべてのノードに対するリンクを特定するため、一般に正方形である。トポロジマトリックスの対角線上のエントリは常にゼロである。一般化されたグラフ構造600のリンクは双方向であるため、トポロジマトリックス700はその対角線を中心に対称であるが、そうでなくてはならないというわけではない。

【0041】図8は、図6の一般化されたグラフ構造600に対応する使用パラメータベクトル800を示す。ノード1の使用度パラメータは、使用度パラメータベクトル800のエントリ801に示されるように75である。同様に、ノード8に関する使用度パラメータは29であり、使用度パラメータベクトル800のエントリ808に見られる。このように、使用度パラメータベクトル800は単に、一般化されたグラフ構造の各ノードと関連する使用度パラメータのリストである。一般に、*N*個のノードを有する一般化されたグラフ構造には、それと関連する*N*個のエントリを使用度パラメータベクトルがある。このように、使用度パラメータベクトル800の使用度パラメータは、対応するノードで得られた使用度に対応する。例えば、一般化されたグラフ構造600

のノード 1-9 の各々が 9 ページからなるウェブサイトのウェブページを表すとする、そのウェブサイトの各ウェブページの 1 日の平均アクセス数を表すのに各ノードと関連する使用度パラメータを用いてもよい。または、各ノードと関連するユーザーパラメータで、そのページにアクセスした様々なユーザーがそのページを開いていた時間の合計を表してもよい。この場合の使用度パラメータは、ある一定時間の間にそのページにアクセスした全ユーザーによって測られた合計ドエル時間を符号化してもよい。各ノードと関連する使用度パラメータによって符号化される量は様々な方法で計算でき、その各々が異なるタイプの使用度を測定する。本発明による方法は、各ノードについて考慮され、計算されることが可能ないかなる使用度パラメータにも適用できる。したがって、本発明は、頻度、またはドエル時間等の単一の使用度パラメータのタイプに限られるのではない。使用度パラメータは、ある予め規定された尺度に正規化される可能性が高い。例えば、図 8 に示される使用度パラメータは 0 から 100 の尺度に正規化される。使用度パラメータは、例えば 0 から 1、または -1024 から +1024 等に正規化されてもよい。

【0042】図 9 は、本発明による一般化されたグラフ構造から木構造を生成するための使用度ベースの幅優先方法 900 を示す。この方法 900 では、初めにステップ 901 で根ノードを承認する。幅優先アルゴリズムによって木構造を生成するには、根ノードを特定し、そのルートノードに対するノードの深さを計算できるようにしなくてはならない。ステップ 901 において根ノードは、種々の機構によって承認できる。例えば、カーソル制御装置を用いてユーザーがコンピュータのモニタ上に表示される一般化されたグラフ構造のある特定のノード上にカーソルを置いて、マウス 105 のボタンを押すことでそのノードを選択してもよい。または、そのノード名で暗に表すことで根ノードを承認してもよい。例えば、ウェブサイトにおいて、ウェブのホームページはそれが根ノードであろう事を示す意味構造を有する URL (universal resource locator) を有することがある。例えば、www.xerox.com という URL にあるゼロックス社のホームウェブページを、本発明による方法を実施するプログラムで構文解析し、そのノード名によりこのウェブページがプログラムを適用しているウェブサイトの根ノードであることをプログラムが認識するようにしてもよい。いずれにせよ、根ノードがステップ 901 で特定されると、ステップ 902 において現在の深さがゼロに設定される。ステップ 902 では、単に、根ノードの深さを定義上ゼロであると指定するに過ぎない。この定義は、図 4 の木構造 400 において深さがゼロである根ノード 201 に関して図示されている。ステップ 903 において、この方法により、認定されたノードで現在の深さにあり、まだ訪ねられておらず、関連の使用度パラメ

ータが最高であるノードを訪ねる。方法 900 の実行中に初めてステップ 903 に至った場合には、これまで承認されている唯一のノードは根ノードであり、かつ、これが現在の深さにある唯一のノードであるとともに、まだ訪ねられていない。従って、方法 900 において初めてステップ 903 に至った場合には、根ノードが訪ねられる。

【0043】ステップ 904 において、この方法では、現在訪ねているノードのまだ承認されていないすべての子ノードを承認する。ステップ 904 で承認されるノードは、トポロジマトリックスおよび使用度パラメータベクトルを参照することにより簡単に特定できる。ステップ 904 で承認すべき子ノードは、訪ねられたノードの行のエントリがトポロジマトリックスにおいてゼロでないノードであって、まだ承認されていないものである。

【0044】ステップ 905 において、方法 900 により、現在の深さにあってまだ訪ねていない承認されるノードがあるかどうか判断される。方法 900 において最初にステップ 905 を実行するときは、現在の深さゼロにおける唯一のノードは根ノード自体であるため、この 905 におけるテストの答えはノーである。従って、分岐 952 により該方法はステップ 906 へと進み、現在の深さが増分される。方法 900 で始めてステップ 906 を実行するときには、現在の深さは 1 に設定される。

【0045】ステップ 907 で、方法 900 により、(増分されたばかりである) 現在の深さにノードが存在するかどうか判断される。すなわち、テスト 907 により、一般化されたグラフ構造のすべてのノードが、承認され、訪ねられているかどうかを判断する。現在の深さにノードがなければ、すべてのノードが承認、訪ねられており、分岐 954 によりステップ 908 で終了する。しかし、新しく増分された現在の深さにノードがあれば、分岐 953 によりステップ 904 へと戻る。ステップ 903 において、現在の深さにあってその使用度パラメータが最高である承認ノードが訪ねられる。すなわち、現在の深さにあって承認されているすべてのノードについて、使用度パラメータベクトルから使用度パラメータが参照され、その使用度パラメータが最高である承認されるノードが最初に訪ねられるものとして選択される。

【0046】各承認ノードについて、現在の深さにある承認ノードと関連する使用度パラメータが高い順にステップ 903、904、および 905 が繰り返される。すべてのノードが承認され、訪ねられるまで方法 900 が継続され、ステップ 908 で終了する。

【0047】図 10 は、図 8 に示される使用度パラメータベクトル 800 を参照して、図 9 に示される幅優先方法 900 によって図 6 に示される一般化されたグラフ構造 600 から生成される木構造を示す。図 10 の木構造

10

20

30

40

50

1000において、ユーザーはノード1を根ノードとして特定し、ノード2および4を根ノードの子として承認している。深さが1に増分されてから、ノード2の使用度パラメータ（使用度パラメータベクトルのエントリ802を参照）の方が使用度パラメータベクトル800のエントリ804にあるノード4に対応する使用度パラメータより大きかったため、ノード4より先にノード2が訪ねられている。つまり、ノード2の使用度パラメータは84、一方、ノード4の使用度パラメータは51で、84は51よりも大きいため、ノード2を最初に訪ねるように選択している。ノード2を訪ねた際、ノード3および5がノード2の子として承認されている。深さが1のときノード4を訪ねた際に、ノード7をその子として承認している。深さ1のすべてのノードを訪ねた後、方法900において深さを2に増分して、ノード5の使用度パラメータである86（使用度パラメータベクトル800のエントリ805を参照）の方がノード3の使用度パラメータ6、ノード7の使用度パラメータ44よりも大きいため、ノード5をノード3および7よりも先に訪ねるように選択している。ノード5が訪ねられたとき、方法900により、ノード6および8がノード5の子として承認されている。次に、ノード7を訪ねるが、ノード7に対して承認する子は存在しない。同様に、ノード3が深さ2で訪ねられるが、子を承認することはない。従って、深さは3に増分され、使用度パラメータが96であるノード6が訪ねられ、ノード9がノード6の子として承認されている。深さ3のノード8と深さ4のノード9は、訪ねられた際も子を承認することはない。ノード9を訪ねた後、現在の深さが5に増分されるが、方法900はステップ907においてこの深さにはノードが存在しないことを判断し、分岐954によりステップ908で方法900が終了する。

【0048】図11は、使用度パラメータマトリックス1100を示す。使用度パラメータマトリックス1100は、図6の一般化されたグラフ構造600の各リンクに関する使用度パラメータを含む。使用度パラメータマトリックス1100に見られる使用度パラメータは、図6の一般化されたグラフ構造600に示される各リンクについて測定された使用量を特定する。例えば、ノード5からノード2への経路となるリンク652の使用量は28である。一般化すると、ノード*i*からノード*j*へのリンクと関連する使用度パラメータは、使用度パラメータマトリックス1100の行*i*、列*j*にある使用度パラメータで特定される。方法900を別の使用尺度に適用する例として、ステップ903で訪ねる順序を決定する際に、使用度パラメータベクトル800の使用度パラメータではなく、使用度パラメータマトリックス1100のリンク使用度パラメータを参照してもよい。すなわち、同じ深さのノードを訪ねる順を決める使用度パラメータとして、承認された子を指すリンクと関連する使用

度パラメータを参照してもよい。使用度パラメータマトリックス1100に示されるリンク使用度パラメータが、9ページからなるウェブサイトにおけるハイパーリンクの使用度のモデルとするのであれば、この例は、他の個々のウェブページの使用度よりもむしろハイパーリンクの使用度と関連する。

【0049】図12は、本発明による方法900によって使用度パラメータマトリックス1100を用いて一般化されたグラフ構造600から生成される木構造1200を示す。図12の木構造1200において、ユーザーはノード2を根ノードとして選択し、ノード1、3、5を根ノード2の子として承認し、深さ1のノード3が最初に訪ねられる。これは、ノード2からノード3へのリンク623に対応する使用度パラメータが74であって、リンク621の使用度パラメータおよびリンク625の使用度パラメータよりも大きいためである。ノード3を訪ねた際、ノード6をその子として承認しており、深さ1でノード1が訪ねられている。ノード1はノード4をその子として承認し、次に深さ1のノード5が訪ねられている。ノード5はノード8をその子として承認し、深さ2ではノード8が最初に訪ねられている。これは、リンク658と関連する使用度パラメータが、リンク636の使用度パラメータおよびリンク614の使用度パラメータよりも大きいためである。このように、ノード8を訪ねた際、ノード7および9を承認している。

【0050】本発明による方法では、訪ねる順序を決定するのにいかなる使用度パラメータを使用してもよい。例えば、ノードベース、およびリンクベースの幅優先巡回アルゴリズムを開示したが、本発明による方法がこれらの特定の使用度パラメータ、またはこの特定の幅優先アルゴリズムを使用しなくてはならないという要件はない。例えば、各ノードと関連する使用度パラメータを、（使用度パラメータベクトル800に示されるような）ノード使用度パラメータおよび（使用度パラメータマトリックス1100に示されるような）リンク使用度パラメータの重み付き一次関数として、使用度パラメータを導出するようにしてもよい。さらに、リンクおよびノード使用度パラメータの積を求めて使用度パラメータとして用いて、ステップ903でノードを訪ねる順序を決定してもよい。更に別の例として、根ノードからあるノードへのリンク使用度の積を計算して、ステップ903で訪ねる順序を決定するのに、そのノードの使用度パラメータとして使用してもよい。さらに、図9に示される方法900は、本発明に従って用いることのできる使用度ベースの幅優先方法の一例に過ぎず、これに代えて、現在訪ねているノードのすべての兄弟ノードを同じ深さにある遠縁のノードまたは従兄弟ノードよりも先に訪ねるように方法900を変形してもよい。

【0051】図13は、本発明による一般化されたグラフ構造から木構造を生成する使用度ベースの深さ優先方

10

20

30

40

50

法を示す。根ノードを特定してから、ステップ1301で根ノードを訪ね、その根ノードの子をステップ1302で承認する。ステップ1303で、この方法では、承認された子ノードのうち、まだ訪ねていないもので使用度パラメータが最高であるものを訪ねる。ステップ1304で、この方法では、現在訪ねているノードにまだ承認していない子があるかどうかを判断する。承認されていない子ノードがある場合には、分岐1350によりこれらの子ノードを承認し、ステップ1303で、承認された子ノードのうち、まだ訪ねられておらず、使用度パラメータを有するものを訪ねる。つまり、一連の子ノードの終わりに達するまで、ステップ1303、1304、および1305が実行される。まだ承認されていない子がないノードに達すると、分岐1351により方法1300はステップ1306へと進み、ここで現在訪ねているノードの親を再び訪ねる。ステップ1307で、方法1300では、現在訪ねているノードに承認された子のうちまだ訪ねていないものがあるかどうかを判断する。承認された子でまだ訪ねていないものがあれば、分岐1352により該方法はステップ1303へと戻る。しかし、承認された子でまだ訪ねていない子がなければ、分岐1353により方法1300はステップ1308へと進む。ステップ1308で、方法1300は、根ノードが再び訪ねられているかどうかをチェックする。方法1300により根ノードが再び訪ねられていなければ、分岐1354により方法1300はステップ1306へと戻り、現在訪ねているノードの親を再び訪ねる。ステップ1308で方法1300により根ノードが再び訪ねられていると判断されると、分岐1355により方法1300はステップ1309で終了する。

【0052】つまり、本発明による使用度ベースの深さ優先方法1300は、葉ノードに達するまで、リンクされた一連のノードがある限りこれを訪ねる。方法1300が葉ノードに達すると、ステップ1306により方法1300は葉ノードの親へと戻り、その葉ノードの親の他の子を訪ねられるようにする。本質的に、訪ねられたノードの兄弟を訪ねる前に、その子孫全体の部分木を承認し、訪ねる。

【0053】図14は、本発明による深さ優先方法1300により、図8の使用度パラメータベクトル800を使用して一般化された木構造600から生成された木構造1400を示す。ノード1が、木構造1400の根ノードである。ノード2および4は、ノード1の子として承認され、ノード2の使用度パラメータの方がノード4の使用度パラメータよりも高いため、ノード4よりも先にノード2が訪ねられる。ノード2が訪ねられた際に、ノード3および5がその子として承認される。次に、ノード5の使用度パラメータの方がノード3の使用度パラメータよりも高いため、ノード5が訪ねられる。ノード5が訪ねられた時、ノード6および8がその子として承

認される。次に、ノード6の使用度パラメータの方がノード8の使用度パラメータよりも高いため、ノード6が訪ねられる。ノード6が訪ねられた時、ノード9がその子として承認され、訪ねられる。ノード9が訪ねられた時、ステップ1304により、ノード9によって承認される子がないことが判断され、ステップ1306でノード6を再び訪ねるように指示し、ステップ1307により、ノード6の承認される子のうちまだ訪ねていないものがもうないことが判断される。従って、分岐1353により方法はステップ1308へと進み、ノード6が根ノードではないことが判断される。分岐1354により、方法はステップ1306へと戻り、ノード6の親が再び訪ねられる。方法1300におけるこの時点では、ノード5が再び訪ねられている。ステップ1307により、ノード5の承認された子でまだ訪ねられていないもの、すなわちノード8があることが判断される。従って、分岐1352により方法1300はステップ1303へと戻り、ノード8が訪ねられる。ノード8が訪ねられているとき、ノード7がその子として承認される。ノード7が訪ねられているとき、ステップ1304によりノード7が承認できる子がないことが判断され、従ってステップ1306によりノード8を再び訪ねるように指示される。ステップ1307および1308を経て、ステップ1306により再び方法はノード5へと戻り、ステップ1307および1308の別のループによって方法はノード2へと戻る。次に、ノード3が訪ねられてから、ノード2が再び訪ねられ、その後根ノード1が再び訪ねられる。ステップ1306により根ノード1を再び訪ねるように指示されると、ステップ1307により、根ノード1の承認された子でまだ訪ねられていないもの、すなわちノード4があることが判断される。従って、分岐1352によって方法はステップ1303へと戻り、ノード4が訪ねられる。しかし、ステップ1304により、ノード4が承認できる子がないことが判断され、そのため、分岐1351により方法はステップ1306へと戻り、根ノードがまた再び訪ねられる。このとき、ステップ1307により、根ノードの承認された子すべてが訪ねられたことが判断され、そのため分岐1353により方法はステップ1308へと進み、方法1300により根ノードが再び訪ねられていることが判断され、分岐1355により方法はステップ1309へと至って終了する。

【0054】本発明による深さ優先方法1300における子ノードを訪ねる順序の決定に使用する使用度パラメータは、使用度ベースの幅優先方法900に関して上述したように様々な変形が可能である。すなわち、図13の方法1300を使用する際に、根ノードから所与のノードへの各リンクの関数で表される経路使用度、ノード使用度、リンクおよびノード使用度の一次または非線形関数、リンク使用度や、種々の他の使用度パラメータを

使用してもよい。さらに、使用度ベースの幅優先方法 1300 をわずかに変形したものを本発明によって実施することも可能である。

【0055】図 15 は、親ノード 1501 を中心に半径方向に木構造の表示をレイアウトする態様を示す。ノード 1510, 1520, 1530, 1540, 1560, 1570, 1580, および 1590 は、親ノード 1501 の子である。便宜上、兄弟ノードの使用度パラメータに単純に関連するように参照番号が付されている。例えば、ノード 1590 はノード 1580 よりもその使用度パラメータが高く、一番使用度の低いノードはノード 1510 である。図 15 において、使用度の最も高いノード同士は、より使用度の低いノードを犠牲にして、互いに最適に離されている。したがって、ノード 1590 (最も使用度の高いノード) は、ノード 1580 (二番目に使用度の高いノード) から 180 度離れて配置される。使用度が最も高い 4 つのノード 1590, 1580, 1570, および 1560 は、90 度の角度を 4 つ形成するように配置され、使用度の最も低いノードは合計の使用度が最も高い 2 つの隣接するノードによって形成される角度を 2 等分するように配置される。

【0056】このとき、その使用度パラメータによって兄弟ノードをソートする際にそのランクを考慮するのが有用である。ノード 1590 のランクは 1 であり、ノード 1510 のランクは 8 である。兄弟ノードのうちの使用度の高い半分のノードがレイアウトされると、そのランクの合計が最も低い 2 つの隣接する兄弟ノードが形成する角度を使用度の最も低いノードが二等分するように配置されるように、残りの半分である使用度の低い兄弟ノードをレイアウトしてもよい。例えば、ノード 1590 (ランク 1) とノード 1570 (ランク 3) の合計ランクは 4 であり、これは、4 つの使用度の高いノードによって形成される直角のうち最もランクが小さい (つまり使用度が最高である)。したがって、使用度の最も低いノード 1510 はノード 1590 および 1570 を 2 分するように配置される。次に使用度の低いノードであるノード 1520 は、使用度の最も低いノードに対向して配置され、使用度の低い半分のノードのうちの残りのノードも、同様に、使用度の高い半分の兄弟ノードであるノードによって形成される角度を 2 分するようにレイアウトされる。この使用度ベースの表示を行うのに本発明によって様々な方法が考えられる。たとえば、兄弟ノードの総数に基づいて各兄弟ノードに一定量の角度スペースを割当て、使用度の高い半分の兄弟ノードが使用度に基づいて互いから最適に離されるようにこれらをプロットし、使用度の低い半分の兄弟ノードは、上述のように使用度の高い半分のノードによって形成される角度を二分するようにレイアウトしてもよい。この場合、使用度の最も高いノード同士を常に互いから 180 度の所に配置して、兄弟ノードの数がちょうど 2 のべき乗でない

場合でも、新しいノードをレイアウトするたびに、すでにレイアウトされた隣接するノード間の角度スペースを 2 分するようにしてもよい。

【0057】図 16 は、その親ノード 1501 を中心とした兄弟ノード群の配置を決定するのにその使用度パラメータを使用してこれらを表示するための本発明による別の方法を示す。この方法では、使用度の最も高いノードを配置する角度としてある角度が指定される。円の角度、360 度を兄弟ノードの総数で割る。使用度の最も高いノードはその指定された角度に配置され、その残りのノードはその次に使用度の高いノードに隣接して配置される。つまり、使用度が最高のノードが指定された角度に配置され、その使用度が最高のノードの隣に 2 番目に使用度の高いノードが配置され、その 2 番目に使用度の高いノードの隣に 3 番目に使用度の高いノードが配置されるという具合に最も使用度の低いノードまでレイアウトする。従って、各ノードの角度的配置がその親に対してのレイアウト角度と単純に関連する。

【0058】図 17 は、23 のノード 1701-1723 からなる一般化されたグラフ構造 1700 を示す。ノード 1701 を根ノードとして選択し、一般化された木構造 1700 の幅優先巡回を行うことで、サイクルを排除するようにリンク 1750-1762 を排除し、木構造を形成する。

【0059】図 18 は、本発明による使用度ランクを用いて木構造を表示する方法を示す。ステップ 1801 で、木構造の各兄弟群について、各兄弟ノードがその使用度パラメータに従ってランク付けされる。ステップ 1802 で、木構造内のすべての兄弟群のランクに基づいて木構造がレイアウトされる。

【0060】図 19 は、図 17 に示される一般化されたグラフ構造 1700 から得られる木構造のつぶれた円錐形の本を表示したものである。一般化されたグラフ構造 1700 のノードを表す点は、図 17 のノードの参照番号に対応する参照番号で示される。例えば、ノード 1723 は、表示 1900 の点 1923 で示される。このように、図 17 の参照番号に 200 を加えることにより、参照されるノードを表す点が得られる。図 17 において、種々のノードと関連する使用度パラメータは参照番号と逆の関係にある。例えば、兄弟ノード 1702-1705 の群の中で、ノード 1702 の使用度が最も高く、ノード 1705 は使用度が最も低い。つまり、参照番号は、その兄弟に関しての使用度パラメータのランクとしてみることができる。図 19 において、根ノード 1901 が中心に配置され、その子ノード 1902, 1903, 1904, および 1905 が、図 15 に関して上述した最適に分離する方法によってレイアウトされる。同様に、ノード 1902 の 8 つの子ノードであるノード 1906-1913 は、図 15 に関して上述した態様でその中心にある親ノード 1902 から半径方向にレイア

ウトされる。同様に、ノード 1906 の子ノードであるノード 1919-1922 も、図 15 に関して上述した態様で最適な分離をとるようにレイアウトされる。ノード 1903 の子ノードであるノード 1914-1917 は、ランクが最高であり使用度も最高であるノード 1914 が中心 1901 からできるだけ離れるように配置され、その兄弟も上述のように配置される。子ノード 1904 は、点 1918 で中心 1901 からできるだけ離れて配置される。点 1918 の子（ノード 1923）は、ノード 1904 からできるだけ遠く配置される。一般

に、どの兄弟群における使用度が最高のノードも、その祖父ノードからできるだけ遠い角度に配置されるのが好ましいが、そうでなくてはならないという本発明による要件があるわけではない。兄弟ノードをその隣接する兄弟ノードと半透明の線で接続して、その兄弟関係をさらに明白にするようにしてもよい。このオプションの半透明の線が図 19 に示されているが、参照番号は付されていない。

【0061】図 19 では、すべての兄弟ノードがその共通の親から一定半径の距離に配置される。図 19 に示される例では、この半径は、木構造においてノードの深さが増すごとに 2 分の 1 に減少する。しかし、その親からの兄弟ノードの半径がこのように深さと関連しなくてはならないわけではない。図 19 に示される表示 1900 では、各子ノードのレイアウト角度はその親から測定される。

【0062】図 20 は、図 17 の一般化されたグラフ構造 1700 から生成された木構造の円形木表示を示す。図 20 において、使用度が最高のノードは、垂直に最も近い角度で配置される。例えば、ノード 2002 は深さ 1 において使用度が最高のノードであり、ノード 2003 は深さ 1 における次に使用度の高いノードであり、ノード 2005 は深さ 1 のうちで使用度が最も低いノードである。このように、垂直から始まって、時計回りに各深さの円周上に続けて配置することで、ユーザーはその深さのノードをその使用度の順に見ることができ、使用度が最も高いノードを最初に見ることとなる。兄弟ノード 2006-2013 のうち、ノード 2006 の使用度が最も高く、ノード 2013 の使用度が最も低い。図 5 を参照して説明したように、図 20 のレイアウトにおいて各葉ノードには一定量の角度スペースが割当てられる。図 20 のレイアウトでは、各子ノードのレイアウト角度を木構造のレイアウトの中心から測定する。したがって、各ノードのレイアウト角度は、中心 2001 からそのノードに伸びる半径と、中心 2001 から垂直に伸びる半径（図 19 の点 2019 を通る）とによって形成される角度として測定される。

【0063】つぶれた円錐形の木の表示 1900 は、図 15 を参照して説明した最適な分離をとるレイアウト技術を使用しており、また、円形木表現 2000 は、ラン

クとレイアウト角度との単純な関係を用いてレイアウトされているが、兄弟の配置と表示アルゴリズムのタイプとの間にこの関係がなくてはならないという本発明による要件があるわけではない。たとえば、図示はされていないが、つぶれた円錐形の木表現において、図 16 に関連して説明した、レイアウト角度と兄弟ノードとの間に単純な関係が成り立つ方法によって決定されるように兄弟ノードを配置してもよい。同様に、円形木表示で、図 15 に関して説明した最適な分離をとる兄弟ノードレイアウト法を使用してもよい。

【0064】本発明によるタイムチューブは、様々な変形をとげるデータへの迅速なアクセスおよびその興味深い変更の特定を可能にする視覚化の一種である。タイムチューブは、3 次元の作業空間に存在し、2 次元の円形のスライス（例えば円形木）を重ねて丸太のような円筒形の表現に整列させることによって形成される。円形木の各々は、（たとえばクラスタ化や時間的な）変形段階におけるデータの視覚表現である。結果として得られる視覚化により、ユーザーはある時点から別の時点においてデータがどのように変形されたかを見て取ることができる。このより高度なレベルの表現によって、ユーザーは、種々の操作（例えば、回転、ピッキング、ブラッシング等）およびナビゲーション技術（例えば視点の変更やズーム）を行って、大きなデータセットの複雑な変形を理解するとともに、データセットの中で興味深い領域を特定、分離することができる。タイムチューブはまた、新規な視覚化、レイアウトアルゴリズム、およびインタラクションの実例を示す枠組みを与える。

【0065】本発明によるタイムチューブは、大きな文書の集まりの使用および構造における経時変化をいかに示すかという問題に対処する。様々な時点での 2 次元の環状木（または他のレイアウト）が計算される。存在するすべてのノードを用いて木をレイアウトする。ノードおよびリンクに色をつけて、付加、削除、および使用を示すようにしてもよい。本発明にしたがって様々な変形が可能である。本発明を使用して、ゼロックス社の 10-K をファイルしてからのゼロックスのサイトの使用における変化等のインターネットの事象を解釈することもできる。

【0066】円形木を使用して、第 3 次元を時間を表すのに使用してもよい。タイムチューブの視覚化では、多数の円形木が空間軸に沿ってレイアウトされる。時間を表すのに空間軸を用いることにより、情報空間-時間を単一の視覚化で見ることとなり、情報空間-時間空間全体で簡単に理解するのを促進する。従来のディスプレイモニタ 104 は 2 次元の表示装置であるため、この 2 次元のディスプレイ 104 上に 3 次元表示構造を投射しなくてはならない。したがって、第 3 の次元は最初の 2 つの次元に投射されるが、この投射は 3 次元構造の力を無効にするものではない。この読者の多くは、映画は 2 次

元スクリーンに投射されるが表示されている3次元の内容は簡単に理解、鑑賞できることを簡単に証明できるだろう。

【0067】本発明によるタイムチューブの情報空間—時間におけるスライス、実際には互いに平行にレイアウトされるわけではない。各スライスは回転され、他のスライスと同じスクリーン面積を占めるようにされる。遠近法により、各スライスが互いに平行であれば、中央のスライスは側部のスライスよりも占める空間が小さくなる。さらに、見ている切頭体の左側にあるスライスの前面と、その右側にあるスライスの裏面を見ることになる。見ている際の興味度を注意深くモニターすることにより、システムによってあるスライスを強調したり、その他を弱めたりして、焦点+内容の効果を得ることができる。円形木を見る者に向かって回転させると、このような多数の変数のマッピングが簡単になる。3次元の世界において円形木を2次元にすることにより、遠近感のゆがみおよび読みにくさはあるものの、マッピングの柔軟性がさらに大きくなる。

【0068】円形木の各々に異なるレイアウトを持たせるのではなく、すべての木に対して組み合わせられたレイアウトが生成される。タイムチューブの時間範囲全体において存在したことの全文書を考慮に入れて、単一の円形木のレイアウトを計算することにより、スライステンプレートを生成し、これを円形木のスライスのすべてにおいて使用する。

【0069】別の興味深いタイムチューブの変形例は、タイムチューブにおいて円形木を重ね、チューブ内を飛ばすか、または同様に、時間の順に円形木を次から次へと投げて、変化のアニメーションを形成することである。つまり、時間を空間にマッピングするのではなく、単に時間が時間にマッピングされる。この方法は、円形木が大きくなる可能性もあるため、よりコンパクトであり、人間の知覚システムの動き検出能力にからむものである。異なる時点での比較を行う能力は犠牲にするものの、変化の検出および一連の変化の解釈は高められる。

【0070】本発明によるタイムチューブは、シリンダ（円筒形）内に整列された一連の個々の2次元の視覚化体（スライス）からなる。ある状態から別の状態へと変形する際に一連のデータに対して行われる変形（例えば、新しいエンティティの追加、既存のエンティティの値の変更、物理的サイズのゆがみ）が視覚化される。タイムチューブは、ある状態から別の状態へと1つ以上の変形を遂げる可能性がある。変形は円筒形チューブの長さを利用し、チューブの長さ全体に種々の変形段階でのデータの2次元表現またはスライスが配置される。タイムチューブは、表現のサイズ、色、およびレイアウトを替えることによって一度に変形のいくつかの次元を符号化できる。タイムチューブが視覚化できる変形の例としては、（1）時間的なもの（ウェブサイト分析ツールに

関していえば、ウェブページは時間が経つにつれて追加、変更、削除される）、（2）値ベースのもの（ウェブサイト分析ツールに関していえば、頻度が色で符号化されるため、ページの訪問率が変わると、その対応する色も変化する）、（3）空間的なもの（ウェブサイト分析ツールはこの機能を使用しないが、エンティティは縮小したり拡大したりし得る）等が挙げられるが、これに限られるわけではない。

【0071】データがいかにクラスタ化されるかというプロセスと、どの要素がどのクラスタに落ち着くかということの本発明により示すことができる。これらのタスク両方を同時に視覚的に行う機能はかなり便利なものである。さらに、サイズ、色、およびレイアウトにより重複してクラスタ化の種々の面を符号化でき、データにおける傾向およびパターンを特定するのが簡単になる。

【0072】本発明によるタイムチューブによって、いくつかの動作が可能になる。タイムチューブは円筒形の丸太状であるため、これをその軸に沿って回転させ、ユーザーの視点の近くにデータを移動させることができる。ユーザーはまた、1つのエンティティを選択し、各スライスにおいて対応するエンティティを強調する（ブラッシングといわれる技術）ことができる。ユーザーがあるスライスを特に面白いと感じると、それを捕らえて、タイムチューブからそのスライスをドラッグし、さらに調べることができる。スライスを回転させて、ユーザーに各スライスの正面の透視図を呈示できる。タイムチューブが3次元の作業空間にあるのであれば、ユーザーはタイムチューブを飛び回り、興味のある領域に対して近づいたり、離れたりとできる。

【0073】図21は、本発明による一連の関連したグラフを表示する方法を示す。ステップ2101で、すべてのグラフの一意的なノードすべてのインベントリ（一覧）を作成し、関連する一連のグラフのいずれかに存在したことのすべてのノードのリストを作成する。ステップ2102で、ステップ2101で生成されたインベントリに基づいて、スライステンプレート内でのノード位置が割当てられる。ステップ2103で、関連する一連のグラフの各々に存在する各ノードを、各ノードがあるグラフに対応する平面スライスに配置することによって、タイムチューブの平面スライスがレイアウトされる。

【0074】図22は、本発明による方法2100によって表示するのに適切な一連の関連グラフを示す。図22は、関連する4つの別個のグラフを示す。すなわち、これらのグラフは共通ノードを有する。この4つのグラフをある時間にわたって起こったウェブサイトの発展として見てもよく、時間1に対応して示されるグラフの構造は、ウェブサイトの開始構造と見てもよい。時間2で、ノードHおよびIがノードBの子として付加される。時間3で、ノードDの子であったノードN、O、

P, およびQが削除される。時間4で、ノードI, D, T, およびUが削除される。このように、数多くのノードが時間1から4にかけて常に残っているが、ある時間にかけてしか存在しないノードもあることが明らかとなる。

【0075】図23は、タイムチューブを形成する平面スライスにおけるノードの配置を決定する平面テンプレートを示す。平面テンプレート2300は、任意の時間に存在したことのあすすべてのノードのインベントリを作成することによって構築される。ステップ2101で10
行われるインベントリ作成の際に、任意の時間に存在したことのあすすべてのノードを表す木構造を形成するために各ノードの親も記録しなくてはならない。平面テンプレート2300に示される点は、本発明によるタイムチューブを構成する各平面スライスにおける各ノードの配置に対応する。中央の点23Aは、ノードAを表示するための点であり、点23HはノードHを表示するための点である。ノードの文字に23を付けることで、各ノードに対応する平面テンプレートにおける位置の参照番号が簡単に得られる。

【0076】図24は、本発明によるタイムチューブを構成する一連の平面スライスを示す。図24の平面スライス2400は、図22の一連の関連グラフと図23の平面テンプレート2300に対応する。

【0077】図25は、本発明による関連した一連のグラフを表示する方法のいくつかの局面を示す。図25は、一連の平面スライスの次元の物理的なスケールリングを示す。点2501, 2502, 2503, および2504は各々同じノードを表す。ユーザーがカーソル2570を点2501上に置くと、線2550が、点2501ー2504の関係を強調する。図25はまた、時間4から時間3を見たときの4つの要素2511ー2514の1つの要素2510へのクラスト化または凝集を示す。線2561ー2564は、クラスト化されたノード2511ー2514が時間3でノード2510になる関係を強調している。簡潔にするために、図25は本発明による方法のいくつかの特徴を図示するのに用いられている。クラスタ化の状況を見るには、ユーザーは時間4の後に時間3が来るように、時間が右から左の方向に流れると考える必要がある。図25はまた、ノード2590および2591のように時間3での深さ3におけるノードの追加と、ノード2592および2593のように時間4での深さ4におけるノードの追加を示す。時間が右から左の方向に流れるように見ると、図25は、時間4で表示される一般化されたグラフ構造に適用できる一種のズームを示す。例えば、時間4に示されるグラフの深さ0, 1, 2のノードのズームまたは拡大された状態を時間1が示している。

【0078】さらに、本発明によるタイムチューブは、サイクルを含み得る任意の一般化されたグラフを示すこ

とができる。また、各平面スライスの各ノードが平面テンプレートで特定されたのと同じ位置に配置されなくてはならないわけではない。例えば、ノード間の対応関係を示すのに平面スライスにおける物理的な位置の継続性に頼るのではなく、図25の線2550等の半透明の線を使用してノード間の対応関係を示してもよい。

【0079】本発明のタイムチューブの局面での好適な実施形態のインタラクティブな方法により、ユーザーは、視覚化されたものと様々な態様でインタラクションをとることができる。たとえば、ボタンをクリックすることにより、システムによりすべてのスライスが回転されて、これらを正面から見るができる。あるスライスをクリックすると、そのスライスを中心に焦点が合わされ、その週（またはその期間）の分のデータをより詳細に見ることができる。そのスライスは透明で円形の背景へともたらされ、タイムチューブ内のスライスが見える状態にされる。はじき上げるようなジェスチャにより、スライスはタイムチューブへと戻り、はじき落とすようなジェスチャによって、スライスは（わずかな角度を付けて）底部となる。スライス内を探索するのにカーソル制御装置105を使ってもよい。カーソルがあるノード上にあると、すべてのスライスにおいてそのノードが強調される。さらに、小さな情報領域がそのノードの詳細を示す。このインタラクションは、ユーザーが指でタイムチューブをブラッシングするようなもので、興味のある点の詳細を知ることができる。マウス105で探索しているとき、ユーザーはプログラムに対してブラウザ（Netscapeなど）にその特定のページを開くように指示することができ、本発明をウェブサーフィンツールとすることが可能である。マウス105があるノード上で活性化されると、ホップが1回のリンクが青線で示される。別のボタンでは視点が変わり、タイムチューブを真っ直ぐ見下ろすこととなる。また、連続する各スライスのアニメーションを正面から見ることもできる。これは、データの時間の次元を視覚化における時間の次元へとマッピングする。ノードを右クリックすると、そのノードのローカルな領域にズームインされて、より詳細が示される。ホームキーをたたくと、グローバル（全体）な視界に戻る。これにより、アナリストの間で好まれる「ドリルダウン」操作が可能になる。ローカルなパターンを迅速に探索することは、アナリストたちにとって大いに興味のあることである。

【0080】ウェブサイトの使用パターンを視覚化することができると、アナリストは、本発明による方法を利用して興味深い質問に対する答えを得ることができる

（例えば、何が人気のないものとなったのか、いつそうなったのか、ウェブサイトの再構築と関連関係があったのか、何が人気のあるページになったのか、いつそうなったのか、それはウェブサイトの再構築と関連関係があったのか、時間とともに追加されたアイテムにより使用

度はどのような影響を受けたか、時間とともに削除されたアイテムにより使用度はどのような影響を受けたか、等)。アナリストがよく行うタスクに、2つの使用パターンの違いを求めることがある。視覚パターンを「見る」ことができると、アナリストは、そのもっとも大きな違いがどこにあるのかを知りたいと考えるであろう。すなわち、使用度が最も大きく上昇したのはどこか、最も大きく下降したのはどこか、使用度の変化は、ウェブサイトのある特定のトピックまたは領域と関係があるのか、等である。

【0081】本発明の別の局面では、接続される要素群における活性化拡散のプロセスおよび結果の両方を視覚化する新奇な方法を説明する。活性化拡散とは、接続される要素のネットワークにある量（活性化）を投入することによる影響を求める一般化されたプロセスである。具体的には、活性化拡散は、接続の強さを表すフローマトリックスMを活性化ベクトルA(t)で乗じ、新しいベクトルA(t+1)を得ることにより行われる。本発明によるタイムチューブおよび円形木を使用して、活性化拡散のプロセスを視覚化できる。

【0082】本発明は、ネットワーク状の文書群に存在する可能性のある関連性と、その関連性がいかに求められたかをどうやってユーザーに伝えるかという問題を解決する。これは特に文書の集まりが大きい場合に有用である。

【0083】本発明によると、活性化拡散によって興味度が予測され、ユーザーにわかりやすくするためにその活性化拡散が視覚化される。カーソルでネットワーク内のいくつかの箇所を探索し、活性化が拡散されるのを観察することにより、静止表示では不可能である、ユーザーのリンクの理解につながる。

【0084】本発明の非常に実用的な応用は、自分のまたは競争相手のウェブサイトに応用することである。より一般的に言えば、概ね木に例えることのできるどんなネットワークにも応用可能である。本発明はウェブサイトの視覚化を可能にし、それによってウェブサイトの管理者および設計者の理解を高め、競争力を持たせることができる。

【0085】活性化拡散のアルゴリズムでは、一般化されるグラフ構造に埋め込まれた活性化ネットワークが活性化マトリックスRとしてモデル化される。活性化マトリックスRは、各ノードがそれぞれ専用の列および行を有するため、正方形である。対角線上にない各要素 R_{ij} は、ノードjからノードiに対する関連の強さを含み、対角線はゼロを含む。Rマトリックスの強さは、活性化の反復中に各ノードからそれ以外の各ノードに対してどれだけの活性化フローがあるかを決定する。一般化されたグラフ構造にもたらされている入力の活性化は、活性化入力ベクトルCによって表され、 C_i は、各反復中にノードiにもたらされた活性化を表す。活性化のダイナミッ

クスは、離散的な時間ステップ $t = 1, 2, \dots, N$ に対してモデル化され、ステップtでの活性化はベクトルA(t)によって表され、要素 $A_i(t)$ はステップtでのノードiにおける活性化レベルを表す。活性化フローの経時的進展は、以下の反復の式によって決定される。

$$【0086】 A(t) = C + MA(t-1)$$

上記の活性化拡散反復の式において、Mは、ノード間の活性化のフローおよび減衰を決定するフローマトリックスである。フローマトリックスMは、以下の式により特定される。

$$【0087】 M = (1 - g)I + aR$$

上記式において、 $0 < g < 1$ であり、gは、それ以上活性化入力を受けないときにゼロに戻るノード活性の緩和を決定するパラメータであり、aは、あるノードからその近傍のものへの活性化の拡散量を表す。Iは、恒等行列である。

【0088】上述のように、円形木は、接続されるアイテムの集まりの2次元表現である。ウェブ分析ツールの場合、アイテムはウェブページであり、接続は文書間に存在するハイパーリンクである。円形木に垂直な面は、そのページが選択されたときに訪ねられた頻度を符号化するのに使用してもよい。本発明による活性化拡散に応用した場合、円形木に垂直な面は各ノードが受ける活性化量を符号化し、活性化バーとも呼ばれる。対応する活性化拡散値を示す要素の数は可変である。表示する要素の数は、これに限定されるわけではないが、たとえば、あらかじめ定められたもの（たとえば上位100の文書について活性化拡散値が示される場合など）、特定された上位のパーセンテージや所定のしきい値等に基づいて、決定することができる。各活性化バーの色は、本発明によると1色に限られるわけではなく、活性化の値によって様々な色を使ったり、グラデーションであってもよい。活性化を拡散するのに種々のネットワークを使用できる。本発明によるウェブサイト分析ツールでは、内容、使用度、およびトポロジネットワークが使用されているが、推奨等の他のネットワークを使用してもよい。活性化は1つ以上のページや1つ以上のネットワークに同時に拡散されてもよい。

【0089】活性化拡散の視覚化によって行えるよりパワフルな機能の一つに、種々のネットワークにおける活性化拡散の結果を示すことが挙げられる。さらに、重みづけ機構を用いてネットワークが組み合わせられる場合、活性化バーにおいて各ネットワークに異なる色を利用することにより、ページの活性化に対する各ネットワークの貢献度を評価することができる。根底にある様々なフローネットワーク（例えば内容や使用度等）を使用することの効果は、結果として得られる活性化パターンを各ネットワークから減じ、その差を表示することによって判断できる。

【0090】視覚化はインタラクティブであるため、ネ

ットワークで拡散する活性化の量は、ページ上でカーソルが費やした時間量によって決定できる。このプロセスをドエル時間と称する。活性化入力を投入するのに使用するページの組は、ユーザーが視覚化において選択したページの履歴または他の何らかの手段（ユーザーがページをそこへ、かつそこからドラッグ・アンド・ドロップできる現在の活性化源を表示するテキストウィンドウなど）によって決定できる。さらに、そのページの組は、選択されたページの近傍にあるもの（ハイパーリンク構造、内容、使用度または他の何らかの尺度で）によってページが決定される一種の「ファジイブラッシング」によって決定できる。本発明による活性化拡張の結果を視覚化する特徴を、以下にさらに説明する。

【0091】図26は、Matlab（従来の数学パッケージ）においてモデル化されるような活性化拡散を示す。x軸はゼロックス社のウェブサイトの幅優先探索により順序決められた個々の文書を表し、y軸は各文書が受ける活性化の量を表し、z軸は活性化拡散プロセスの各ステップを表す。プロセスの結果はベクトルであり、Matlabでは2次元のプロットとして視覚化できる。

【0092】活性化拡散の反復的なプロセスを本発明によるタイムチューブを用いて視覚化できる。タイムチューブの連続した円形木の各々（平面スライスとも称する）を用いて、活性化プロセスの各段階における活性化の結果を示す。この目的のためには活性化バーは活性化を表示する好適な方法ではない。というのは、各円形木に垂直な面を用いて変形を符号化するためである。これに代わって、円形木における各ノードの色を用いて活性化値を表示する。タイムチューブを用いた活性化拡散の視覚化により、ユーザーが位相変移の特定等、アルゴリズムにおける興味深い事象を特定、分析することが可能になる。位相変移は、活性化拡散アルゴリズムの連続するステップにおけるノードの活性化における変更がその符号を逆にする時に起こる。

【0093】図27は、本発明による一般化されたグラフ構造に関連する活性化拡散アルゴリズム結果表示方法を示す。ステップ2701において、円形木が平面に表示される。ステップ2702で、活性化拡散アルゴリズムの入力ベクトルCが決定される。ステップ2703で、活性化拡散ベクトルAがN回の反復について反復的に計算される。ステップ2704で、最終活性化ベクトルA(N)が円形木の平面に垂直に表示される。ステップ2705で、方法2700により、活性化拡散アルゴリズムに対する入力がさらにあるかどうか判断される。入力がさらにあれば、分岐2750によって方法はステップ2702へと戻り、新しい活性化入力ベクトルCが使用される。ステップ2705でそれ以上入力がなければ、分岐2751により方法はステップ2706で終了する。

【0094】図28は、本発明による活性化拡散アルゴ

リズムの結果を表示する方法を示す。本発明によると、活性化入力は種々のインタラクティブな態様で指定できる。たとえば、図28に示されるように、カーソル2801を表示されたノード2805に置き、このノードで活性化入力を経時的に累積加算するようにしてもよい。例えば、カーソル2801がノード2805上に長くあるほど、このノードに対してより多くの活性化入力が生成される。別の変形例として、あるノードに対して活性化入力を蓄積し始めるようにするのに、カーソルをそのノードの上に置き、マウスのボタンを押すことなどで選択しなくてはならないようにしてもよい。ユーザーはあるノードに対して活性化を加算してしまうと、カーソル2801を別のノードに移して、前に選択したノードに対して生成された活性化入力を維持しながら、その別のノードでの活性化の加算を始めるようにしてもよい。例えば、図28において、ユーザーは、カーソルを根ノード2899上に置いて根ノードをある期間にわたって選択することにより根ノードに対する活性化入力を加算しており、次にカーソル2801をノード2805へと動かして、根ノード2899に対してすでに定められた活性化入りに影響を与えることなく、ノード2805に対する活性化入力を加算し始めている。いかなる時も、表示2800は、そのときに存在する活性化入力ベクトルCから結果として得られる最終活性化ベクトルA(N)を反映する。したがって、N個のステップの反復型活性化拡散アルゴリズムは、一般化されたグラフ構造の任意のノードについて活性化入力の量を変えることによって新しい活性化入力ベクトルCが生成される限り、継続的に実行される。図28は一般化されたグラフ構造の円形木の表現を示しているが、上述のように、一般化されたグラフ構造に存在する多くのリンクを、この表示される木構造から省略してもよい。したがって、本発明による活性化拡散アルゴリズムの結果表示方法の別の局面によると、ユーザーがノードを選択するたびに半透明の線が現れ、一般化されたグラフ構造における省略されたリンクを示す。例えば、図28において、ユーザーはノード2805を選択しており、半透明の線2820および2821はノード2805をそれぞれノード2806および2807に接続する。半透明の線2820および2821は、一般化されたグラフ構造に存在するものの木構造では省略されたリンクを表す。これらの半透明の線2820および2821により、ユーザーは活性化入力が加えられたノードから活性化が拡散したノードへとどのように活性化が拡散したかを理解しやすくなるであろう。例えば、2805で加えられた活性化の一部が恐らく、木構造では示されなかったリンク2821を介してノード2807へと拡散しているであろう。活性化入力をノードに加える別の機構では、ノードを選択し、加えるべき活性化量をタイプする。ユーザーはいつでも活性化入力ベクトルCをリセットして活性化入力を再びゼロ

から加算し始めることができる。ノード上のカーソルのドエル時間を測定することによる活性化入力ベクトルの形成と最終の活性化の表示がインタラクティブな特徴を持つことで、フローネットワークのダイナミックなシミュレーションが実現され、それによりユーザーの一般化されたグラフ構造のダイナミックスに対する理解を大きく促進する。

【0095】図29は、(図28を参照して説明したN回反復した後のものだけでなく)N回の反復中の活性化ベクトルA(t)の状態を表示する方法を示す。入力ベクトルCがステップ2901で決定されると、ステップ2902で活性化拡散ベクトルAがN回の反復について計算され、その反復ステップのいくつかまたはすべてにおいて活性化拡散ベクトルA(t)の値(0ないしNにおけるいくつかまたはすべてのtの値)が保存される。ステップ2903で、選択された活性化ベクトルが、タイムチューブを構成する平面スライスに色で符号化された種々のリンクおよび/またはノードにおける活性化レベルを有するタイムチューブ内の円形木として表示される。これに代わる実施形態として、活性化拡散アルゴリズムの種々の時間ステップでの活性化ベクトルをタイムチューブの時間軸と一致した活性化バーで表示してもよいが、これは平面スライス間の時間の次元に十分な間隔があって、活性化バーがタイムチューブの隣接する平面スライスと交差ししない場合に限られる。これを図30に示す。

【0096】図30において、時間1で大量の活性化がノード3011に加えられる。時間2において、その活性化のいくらかがノード3022, 3032, 3042, 3052, 3072, 3062, 3082, および3092へと拡散している。時間4までに、最終活性化ベクトルA(N)が示される。大量の活性化が、N回の反復後、ノード3084で終了している。活性化拡散アルゴリズムは(適切なフローマトリックスMと使用すると)漸近収束する最終活性化ベクトルA(N)を生成するため、反復の最後の方における変化が小さくなることから、反復の最後の方よりも最初の方をより頻繁に表示するのが有用な場合がある。または、表示すると選択した反復は、変化が最も大きいところに基づいても良いし、活性化拡散アルゴリズム中に検出された位相変移に基づいても良く、または、もちろんN-1のすべての中間活性化ベクトルを表示してもよい。図28の円形木表示および図30のタイムチューブ表示において、2つ以上の活性化ベクトルを計算し、表示しても良い。たとえば、ウェブサイトの分析者は、推奨する使用パターンと観察された使用パターンとの差の表示を、2つの別個のフローマトリックスM1およびM2に同じ活性化入力ベクトルCを拡散させて、結果として得られる最終活性化ベクトル間の差をその円形木に表示することで行いたいと考えるかもしれない。もちろん、この差の計算のプロ

セスは、図30に示されるようにタイムチューブ上に示すことができる。

【0097】さらに、異なるフローマトリックスM1およびM2の重み付けした組合わせを計算して、その結果をタイムチューブまたは円形木上に表示し、活性化ベクトルを表す活性化バーを分割して、各活性化レベルのどの部分がどのフローマトリックスによるものかがユーザーにわかるようにしても良い。

【0098】ウェブはまだ初期段階にあるため、ウェブ環境におけるインタラクションや関係があまり良く理解されていないのも不思議ではない。ワールドワイドウェブがユーザーの数においてもアクセスできる文書の数においても拡大するにつれて、情報の提供者と、情報の特徴と、情報のユーザーとの相関関係の理解という問題は恐らく残っていくであろう。

【0099】本発明による視覚化方法は、表示できるデータ量の面でウェブ分析プログラムの機能を拡張するとともに、ウェブ環境の発展パターンをより明らかにするものである。

【0100】本発明の種々の局面をその実施形態に照らして説明してきたが、これらの実施形態は単に例であり、これに限定されるものではない。上記の本発明の詳細な説明は、単に例示および説明を目的とするものである。本発明はここに開示した形態に尽きるものでも限定されるものでもなく、明らかに上述の教示に鑑みて数多くの変形および変更が可能である。ここで説明した実施形態は本発明の原理とその実用を最も良く説明し、当業者が本発明を種々の実施形態で意図する用途に適したように種々の変更を加えて最良に利用できるように選択されたものである。当業者であれば、この開示によって上記の実施形態に種々の追加または変更を加えることが可能である。これらの追加および変更も本発明の範囲内であり、その範囲は前掲の特許請求の範囲によって定義される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の方法を実行するのに適切な汎用コンピュータを示す図である。

【図2】 一般化されたグラフ構造を示す図である。

【図3】 図2の一般化されたグラフ構造から生成される木構造を示す図である。

【図4】 各ノードの深さを示す図3の木構造の別の図である。

【図5】 図3および図4の木構造の円形木表現を示す図である。

【図6】 9つのノードを有し、多くのサイクルを含む一般化されたグラフ構造の図であって、本発明による種々の使用度ベースの木構造生成方法を説明するのに用いる図である。

【図7】 図6の一般化されたグラフ構造に対応するトポロジマトリックスを示す図である。

【図 8】 図 6 の一般化されたグラフ構造のノードに関する使用度パラメータベクトルを示す図である。

【図 9】 本発明による一般化されたグラフ構造から木構造を生成するための幅優先方法を示す図である。

【図 10】 図 8 のノード使用度パラメータベクトルを用いて、図 9 の幅優先方法によって図 6 の一般化されたグラフ構造から生成される木構造の図である。

【図 11】 図 6 の一般化されたグラフ構造のリンクに関する使用度パラメータマトリックスの図である。

【図 12】 図 11 のリンク使用度パラメータマトリックスを用いて、図 9 の幅優先方法によって図 6 の一般化されたグラフ構造から生成される木構造の図である。

【図 13】 本発明による一般化されたグラフ構造から木構造を生成するための深さ優先方法を示す図である。

【図 14】 図 8 のノード使用度パラメータベクトルを用いて、図 13 の深さ優先方法によって図 6 の一般化されたグラフ構造から生成される木構造の図である。

【図 15】 その親に対して兄弟ノードを表示するための本発明によるノード配置の図であって、そのレイアウト角度がその使用度パラメータによってランク付けされた最高ランクの兄弟ノード同士が最適に分離されることを示す図である。

【図 16】 その親に対して兄弟ノードを表示するための本発明によるノード配置の図であって、そのレイアウト角度がその使用度パラメータによってランク付けされたランクとともに単純に増大することを示す図である。

【図 17】 別の一般化されたグラフ構造を示す図である。

【図 18】 本発明による使用度に基づいて木構造を表示する方法を示す図である。

【図 19】 本発明による方法によって表示される図 17 の一般化されたグラフ構造のつぶれた円錐形の木表現を示す図である。

【図 20】 本発明による方法によって表示される図 17 の一般化されたグラフ構造の円形木表現を示す図である。

*

* 【図 21】 本発明によるタイムチューブにおける関連した一連のグラフを表示する方法を示す図である。

【図 22】 本発明によるタイムチューブ内の一連の平面スライスとして表示するのに適切な関連した一連のグラフを示す図である。

【図 23】 本発明による関連した一連のグラフのタイムチューブの表現の平面スライスにおけるノード配置を決定するための平面テンプレートを示す図である。

【図 24】 本発明による方法によって表示される変化する木構造を表すタイムチューブ内の一連の平面スライスを示す図である。

【図 25】 タイムチューブにおける一連の平面スライスを示す図であって、時間軸が左から右へと動くように解釈すると新しいノードの追加と空間の縮小を示すとともに、時間軸が右から左へと動くように解釈するとノードのクラスト化および空間の拡大を示す図である。

【図 26】 従来の数学パッケージによって表示された活性化拡散アルゴリズムにおけるウェブページの活性化レベルを示す図である。

【図 27】 本発明による活性化拡散アルゴリズムにおいてインタラクティブに活性化入力を受け、その結果を表示するための方法を示す図である。

【図 28】 図 26 の方法による活性化拡散結果の表示と新しい活性化入力の指定を示す図である。

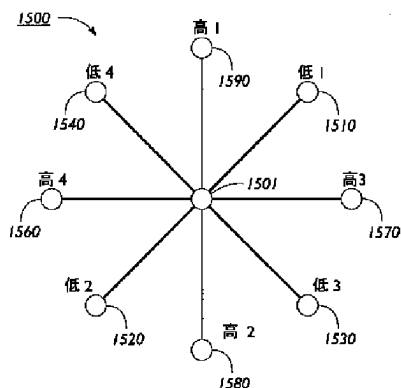
【図 29】 タイムチューブの一連の平面スライスにおいて活性化拡散プロセスを表示するための本発明の方法を示す図である。

【図 30】 本発明の図 28 の方法によって生成されるタイムチューブの一連の平面スライスにおける活性化拡散プロセスの表示を示す図である。

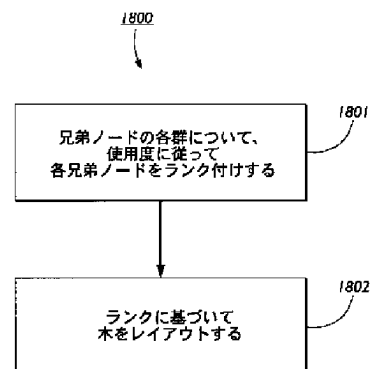
【符号の説明】

102 マイクロプロセッサ、103 ハードディスク、104 ディスプレイモニタ、105 カーソル制御装置、106 キーボード、109 グラフィックスコプロセッサ、110 モデム。

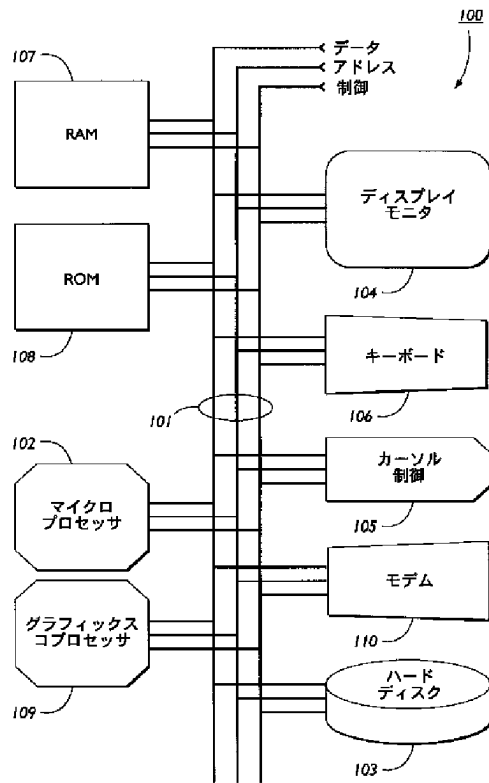
【図 15】



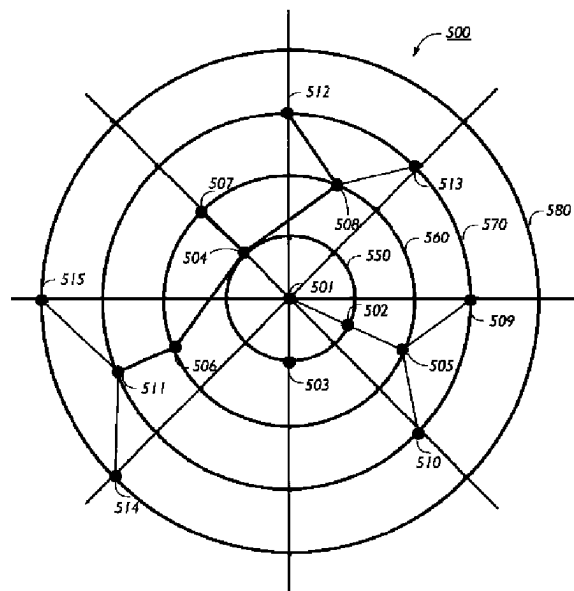
【図 18】



【図 1】



【図 5】

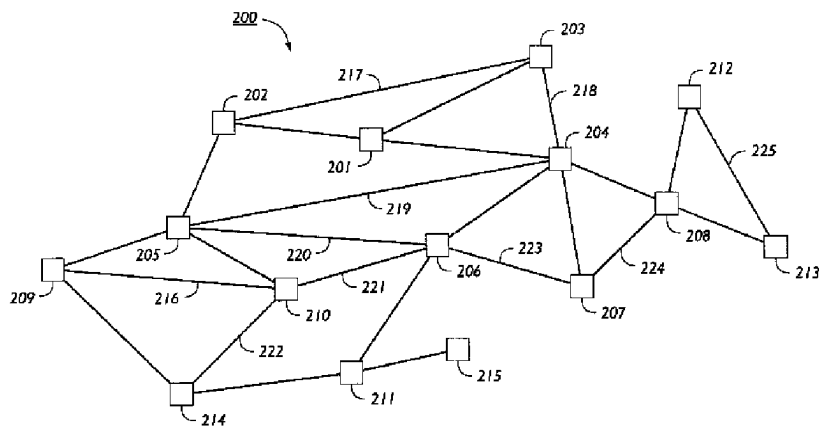


【図 8】

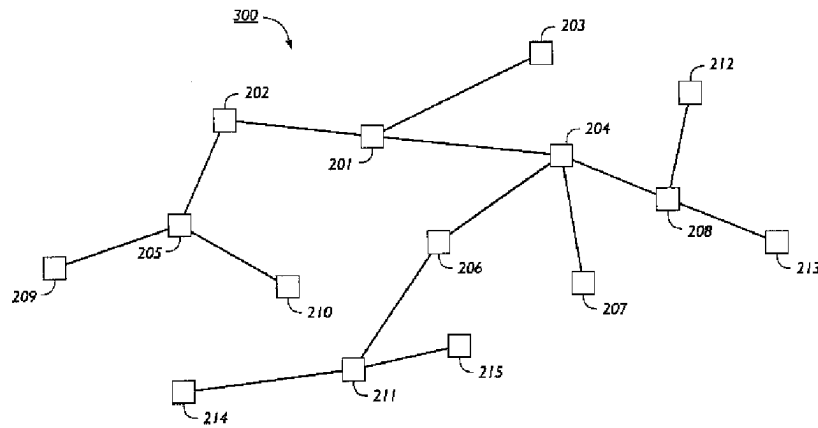
Figure 8 is a table 800 showing usage values for various items. The table has two columns: '使用度' (Usage) and a list of items. The items are numbered 801 through 809.

使用度	
75	801
84	802
6	803
51	804
86	805
96	806
44	807
29	808
14	809

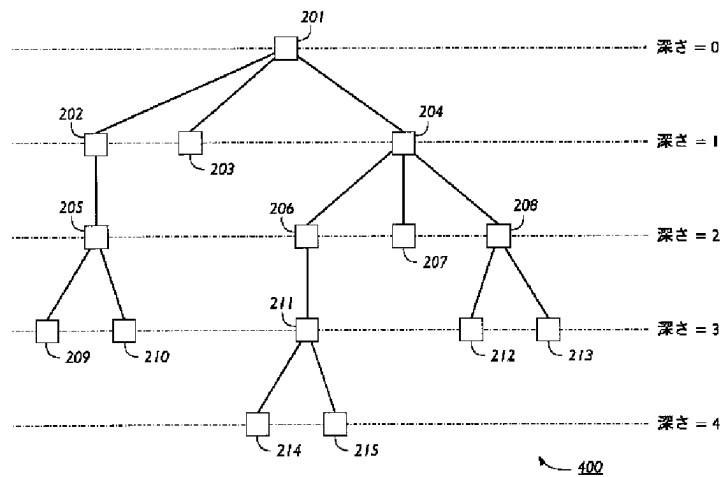
【図 2】



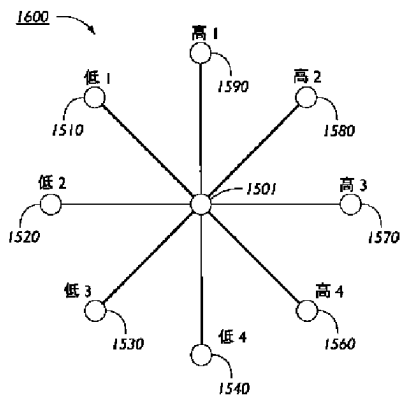
【図3】



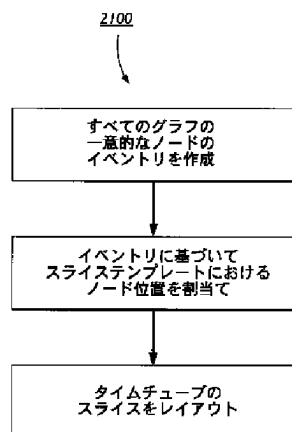
【図4】



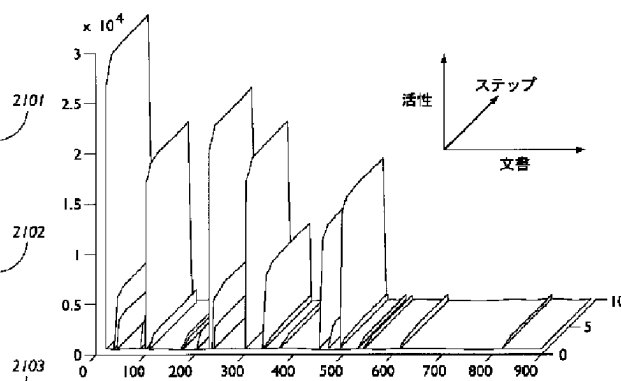
【図16】



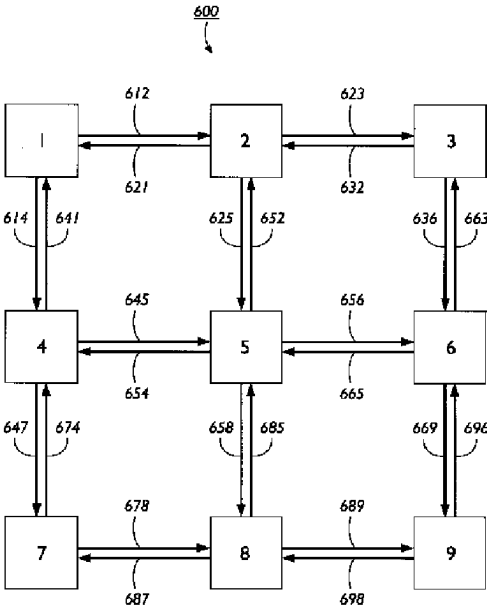
【図21】



【図26】



【図 6】

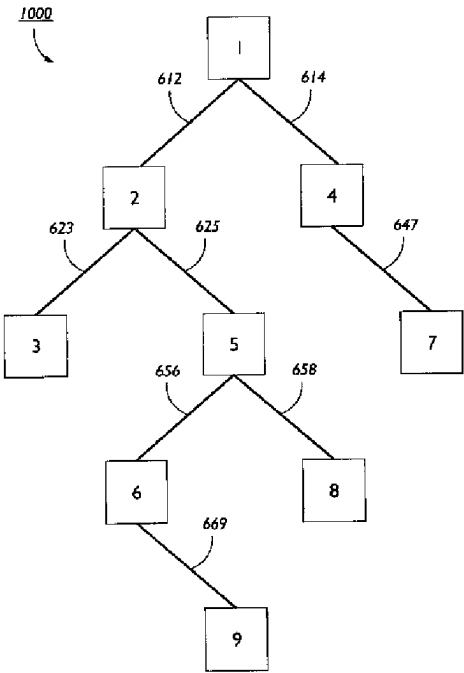


【図 7】

700

ノード ノード から	ノード へ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
4	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
6	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
8	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
9	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0

【図 10】

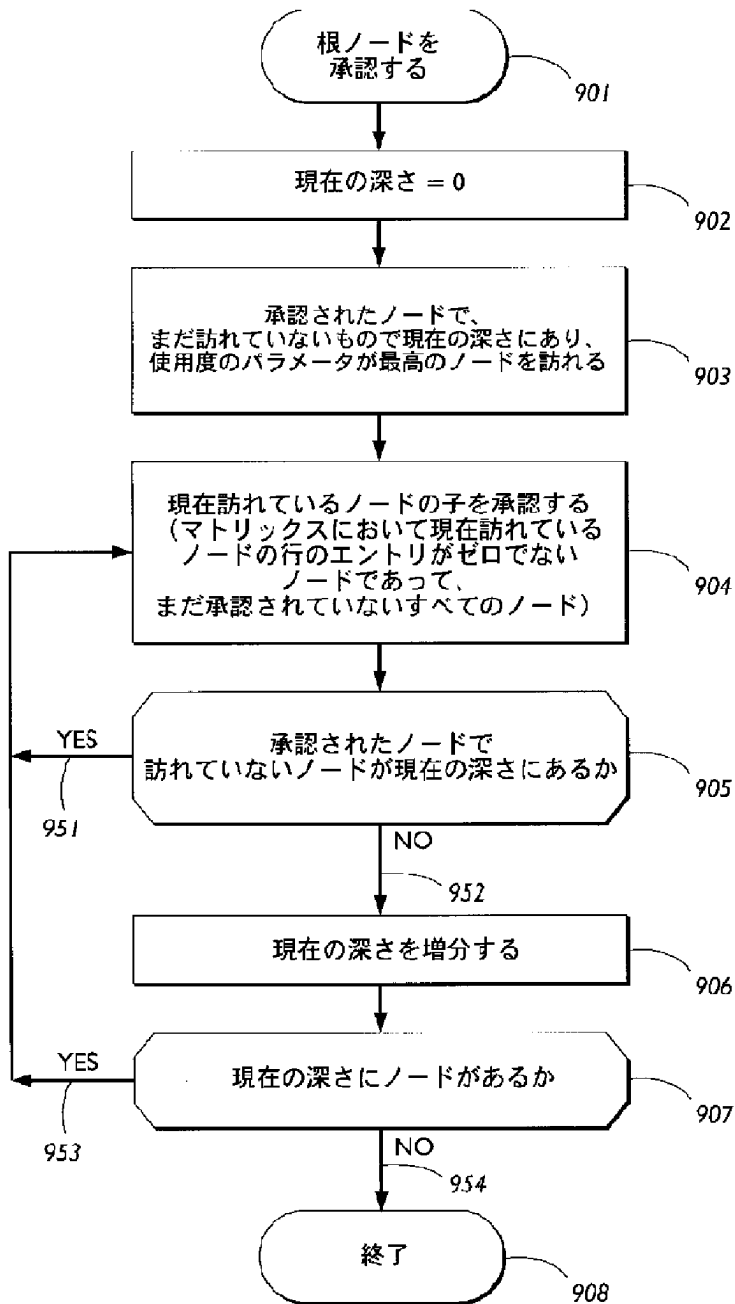


【図 11】

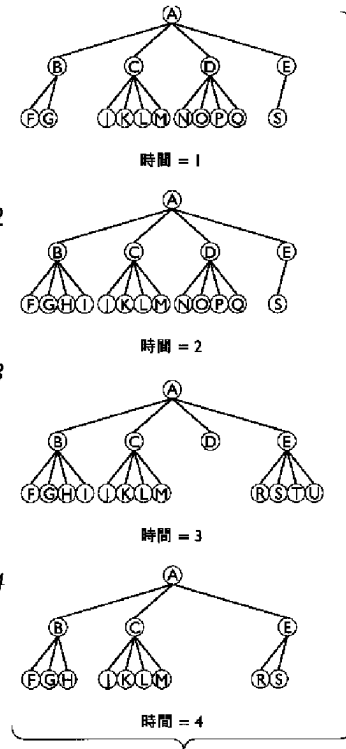
1100

ノード ノード から	ノード へ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		87		35						
2	52		74		6					
3		62				33				
4	98				92		75			
5		28		85		76		48		
6			14		4				51	
7				99				63		
8					46		79		65	
9						66		26		

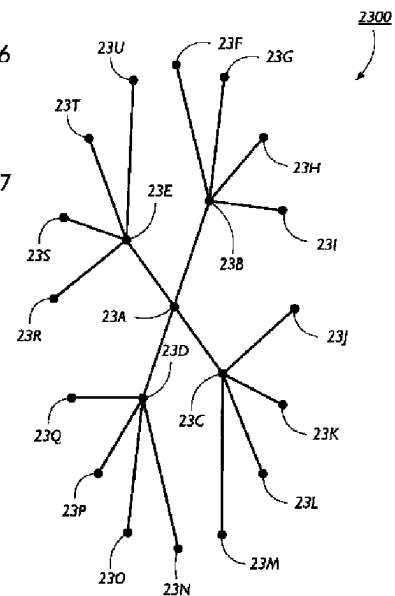
【図9】



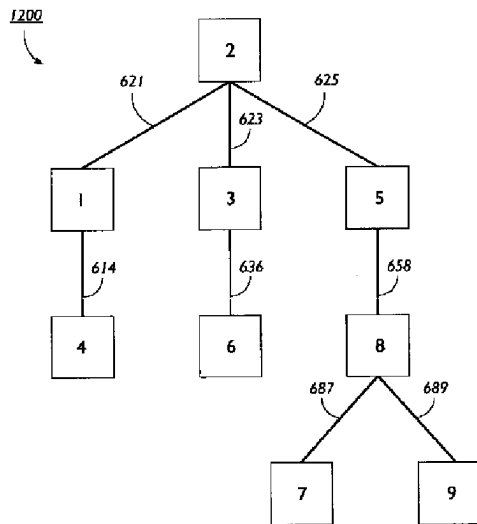
【図22】



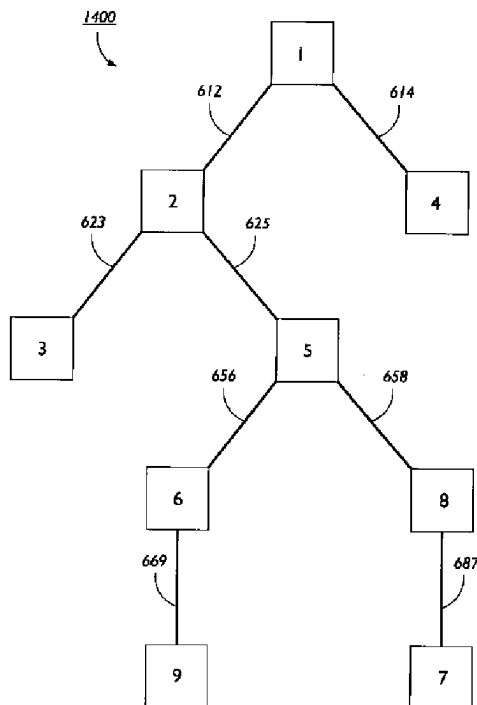
【図23】



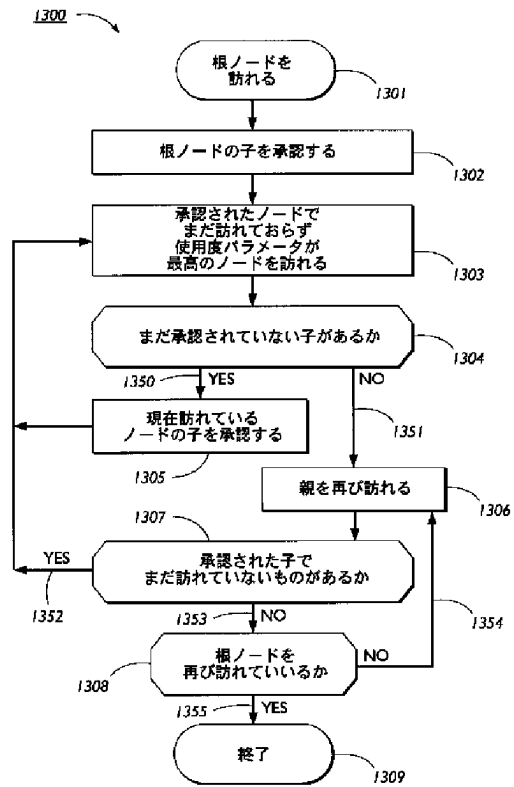
【図 12】



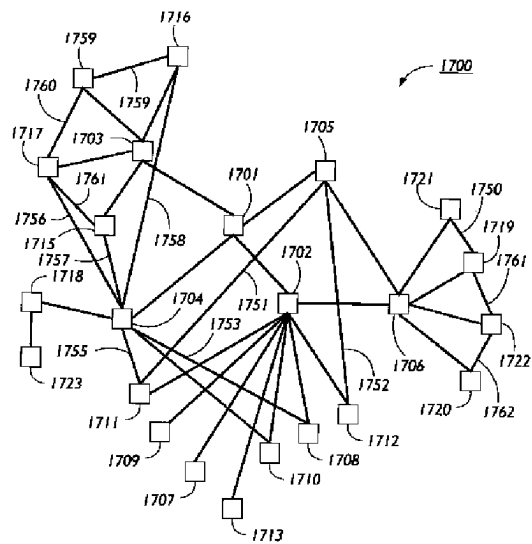
【図 14】



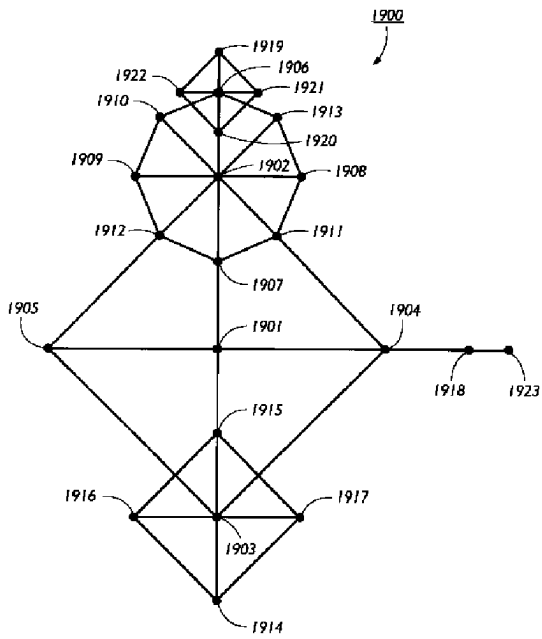
【図 13】



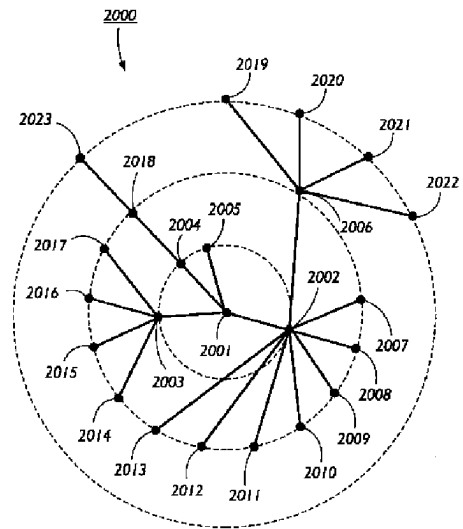
【図 17】



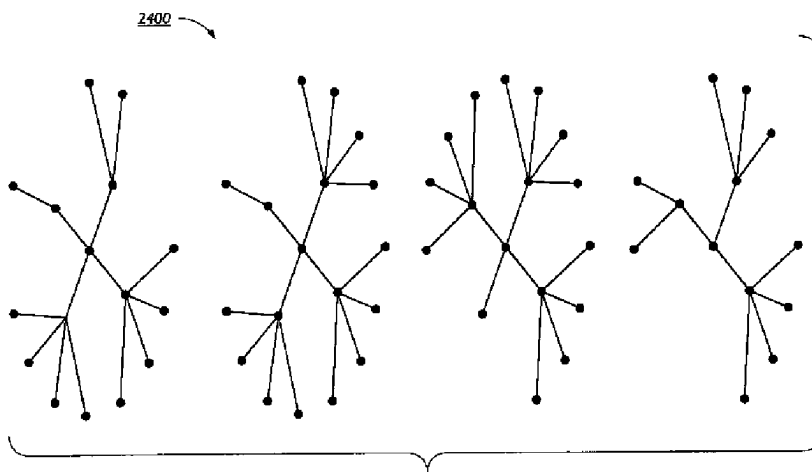
【図19】



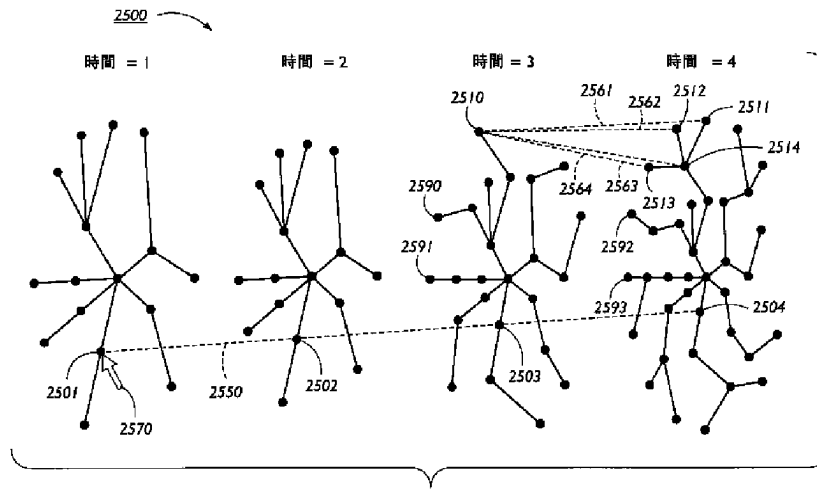
【図20】



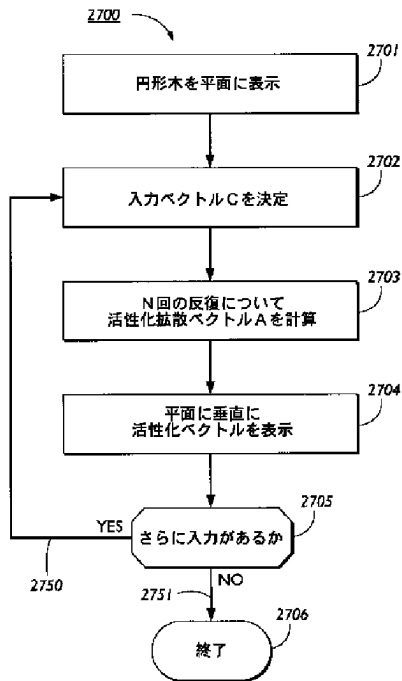
【図24】



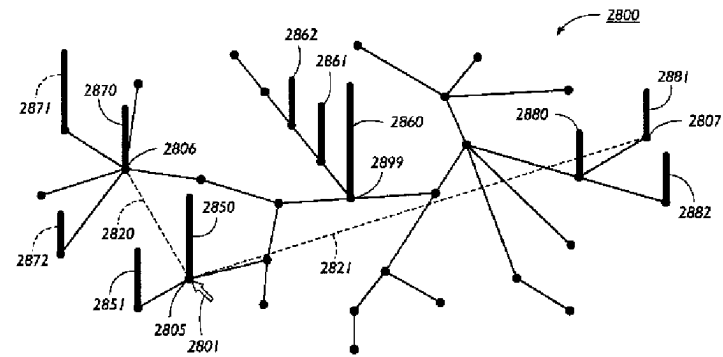
【図25】



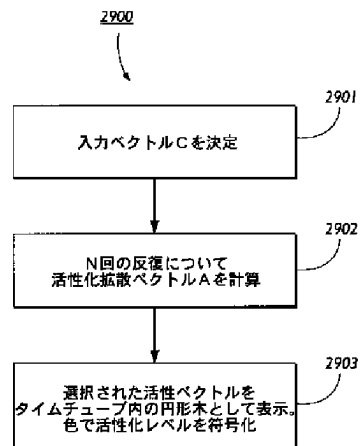
【図27】



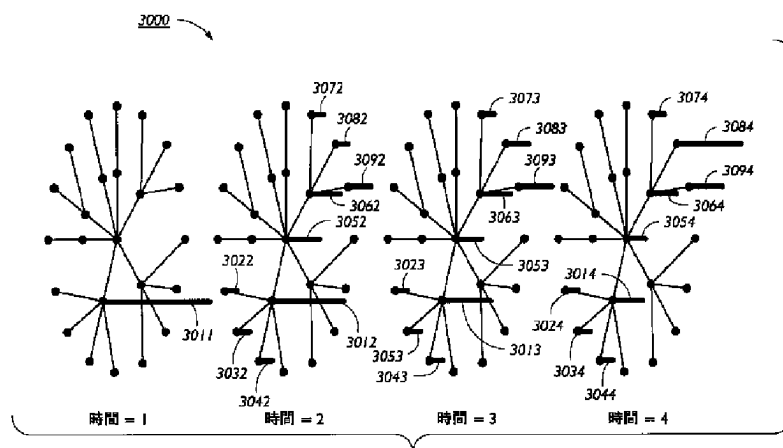
【図28】



【図29】



【図30】



フロントページの続き

(72)発明者 ピーター エル ティー ピロリ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サン
フランシスコ スロート ブルバード
2958

(72)発明者 ジェームズ イー ピトコウ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 パロ
アルト エルスワース プレース 742

(72)発明者 リッチ ゴスウェラー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サニ
ーバール ベルモント テラス 991-3

(72)発明者 ジョック デー マッキンレー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 パロ
アルト ロス ロード 3240

(72)発明者 スチュアート ケイ カード
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ロス
アルトス ヒルズ ラクレスタ ドライ
ブ 13023